





TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

OU

PRINCIPES DE PHYSIQUE.

TOME SECOND.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE OU PRINCIPES DE PHYSIQUE,

Fondés ſur les connoiſſances les plus certaines, tant anciennes que modernes, & confirmés par l'expérience.

Par M. BRISSON, de l'Académie Royale des Sciences, Maître de Phyſique & d'Hiſtoire Naturelle des Enfans de France, & Profeſſeur Royal de Phyſique expérimentale au Collége Royal de Navarre.

TOME SECOND.



A PARIS,

De l'Imprimerie de MOUTARD, Imprimeur-Libraire, Hôtel de Cluni, rue des Mathurins.

1789.



Avis au Relieur.

Les planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant, elles puissent sortir entiérement du Livre, & se voir à droite dans l'ordre qui suit.

Tome second.

Planche 13.	*après la page* 96.
14.	114.
15.	182.
16.	274.
17.	284.
18.	294.
19.	302.
20.	314.
21.	330.
22.	346.
23.	352.
24.	382.
25.	390.
26.	402.
27.	414.
28.	448.
29.	458.
30.	490
31.	511.

ERRATA

du Tome II.

Page 16, ligne 25, eſt ſeul un être *liſez* eſt ſeul, un être

17, 10, de flegme *liſez* déflegmé

65, 19, il réforme *liſez* il reforme

184, 27, (,o,) *liſez* (292)

204, 1, *Teutam.* liſez *Tentam.*

294, 15, égaux, à cauſe *liſez* égaux à ceux

337, 22, vers *g* & *h* *liſez* vers *f* & *h*

404, 11, il obſervera *liſez* il obſerva

447, 2, l'*Hioire ſt* liſez l'*Hiſtoire*

497, 25, *Flit-gnlaſſ* liſez *Flint-glaſſ*

504, 3, *oalculée* liſez *calculée*



TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE,

Ou Principes de Physique, fondés sur les connoissances les plus certaines, tant anciennes que modernes, & confirmés par l'expérience.

CHAPITRE X.

Des Fluides élastiques.

587. Ces fluides sont tous ceux qui ont pris la forme de l'air de l'athmosphere, & qui en ont les apparences. Il y en a de deux sortes : les uns sont *permanens*, & les autres *non-permanens.*

588. Avant d'expliquer ce que signifient ces termes, il faut savoir que la matiere de la cha-

leur (qu'on peut auſſi appeler la matiere du feu ; & qu'on appelle maintenant le *calorique*) eſt un fluide particulier répandu dans tous les corps de la Nature, & qui y exiſte dans deux états différens, ſavoir, dans l'état de liberté, & dans l'état de combinaiſon. La matiere de la chaleur dans l'état de liberté, eſt celle qui ſe trouve logée entre les particules des corps, qu'on ne peut point contenir dans un vaiſſeau fermé, que rien n'arrête, parce qu'elle pénetre avec facilité toutes les ſubſtances d'une ſurface à l'autre. Celle-ci ſeule eſt capable d'exciter une chaleur ſenſible à nos organes. Cette même matiere, dans l'état de combinaiſon, eſt celle qui conſtitue un des principes des corps. Dans cet état, elle n'eſt qu'une chaleur cachée, une chaleur *latente* : de ſorte qu'un corps qui en contiendroit une très-grande quantité, ne ſeroit pas, pour nous, plus chaud que celui qui n'en contiendroit point du tout. Cette matiere ſe dégage ſouvent dans la décompoſition des corps : alors, de chaleur cachée, elle devient chaleur ſenſible, en prenant l'état de liberté ; elle devient ſuſceptible d'agir ſur les corps placés dans ſon athmoſphere, & le thermometre en peut meſurer la force. C'eſt pour cela que, dans la décompoſition des corps, il arrive ſouvent qu'il y a de la chaleur excitée ; comme dans la putréfaction. Au contraire, dans

certaines combinaiſons, dans leſquelles il y a beaucoup de la matiere de la chaleur d'abſorbée, il y a refroidiſſement : comme, par exemple, lorſqu'un corps paſſe de l'état liquide à celui de vapeur. Il ne peut ainſi changer d'état, ſans abſorber une grande quantité de la chaleur libre qui ſe trouve dans les corps qui l'avoiſinent, ce qui les refroidit néceſſairement.

589. Nous avons dit (587) qu'il y a des fluides élaſtiques *permanens*, & d'autres *non-permanens*. Les premiers ſont ceux dans leſquels la matiere de la chaleur eſt dans l'état de combinaiſon. Ceux-ci conſervent leur état de fluides élaſtiques, à quelque température qu'ils ſoient : c'eſt pourquoi on les appelle *permanens*. Tels ſont l'air & les gas. Les fluides élaſtiques *non-permanens* ſont ceux dans leſquels une grande quantité de la matiere de la chaleur eſt dans l'état de liberté. Ceux-ci ne peuvent conſerver leur état de fluides élaſtiques, qu'autant qu'ils ſont peu comprimés, ou qu'ils ſe trouvent à une température élevée, & plus ou moins élevée, ſuivant leur nature & leur denſité : c'eſt ce qui les a fait appeler *non-permanens*. Telles ſont toutes les vapeurs. L'éther, par exemple, devient fluide élaſtique à une élévation de 1400 toiſes au deſſus du niveau de la mer, par la grande diminution de la preſſion qu'il éprouvoit dans le bas. Mais s'il eſt expoſé

à toute la preſſion de l'athmoſphere, il lui faut, pour devenir fluide élaſtique, 38 à 39 degrés de chaleur. L'eſprit-de-vin, en pareil cas, en exige 67 à 68 : l'eau en demande 80. Mais cette même eau deviendroit fluide élaſtique à toutes ſortes de températures, ſi l'on ſupprimoit de deſſus ſa ſurface la preſſion de l'athmoſphere. Voilà pourquoi elle paroît bouillir dans le vide (1148).

Il ne ſera queſtion ici que des fluides élaſtiques permanens : nous parlerons des autres, en traitant de la nature de l'eau & de ſes effets.

590. Les fluides élaſtiques permanens ſont tous compreſſibles, élaſtiques, tranſparens, ſans couleur (1), inviſibles & incondenſables en liqueur par le froid. Les uns exiſtent dans la Nature ſans le ſecours de l'Art, quoiqu'on puiſſe ſe les procurer auſſi par ce moyen ; les autres ne ſont que le produit de l'Art. Les uns ſont ſolubles dans l'eau, les autres y ſont tout-à-fait inſolubles ; de ſorte que, pour ſe les procurer, il faudra faire uſage de moyens différens, ſuivant la nature du fluide qu'on déſirera obtenir, comme nous le dirons ci-après.

591. Nous diviſons ces fluides en deux claſſes. La premiere claſſe comprend ceux qui ſont

---

(1) Il faut en excepter le gas muriatique oxigéné (717), qui eſt d'un jaune verdâtre.

vivifians, c'eſt-à-dire, ceux qui ſervent, & qui ſont eſſentiels à la reſpiration des hommes & des animaux, & à la combuſtion des corps. Tels ſont l'*air athmoſphérique*, & l'*air pur* ou *vital*, appelé *gas oxigène*.

592. La ſeconde claſſe comprend ceux qui ſont *ſuffoquans*, c'eſt-à-dire, ceux qui ne peuvent ſervir ni à la reſpiration des animaux, ni à la combuſtion des corps. Tels ſont tous les autres *gas*.

593. Tous ces gas ont, comme nous l'avons déjà dit (587), toutes les apparences de l'air: ils en ont même pluſieurs propriétés, telles que la tranſparence, l'inviſibilité, la compreſſibilité, l'expanſibilité, & l'élaſticité. C'eſt ſans doute la raiſon pour laquelle MM. *Hales*, *Boyle*, *Prieſtley*, & pluſieurs autres Phyſiciens, ont donné à tous ces fluides le nom d'*air*. Mais, comme ils different beaucoup de ce dernier par un grand nombre d'autres propriétés, & ſur-tout en ce qu'ils ſont abſolument incapables d'entretenir la vie des animaux & la combuſtion des corps, on a penſé avec raiſon qu'il falloit ne les pas confondre avec l'air; &, pour les déſigner, on a adopté le nom de *gas* (1), que *Vanhelmont* &

(1) Mot emprunté des Hébreux, chez leſquels il ſignifie l'*impureté* qui ſe ſépare d'un corps.

d'autres Chimiſtes antérieurs à *Hales* avoient donné à ceux de ces fluides qui étoient connus de leur temps : car la connoiſſance générale des *gas* eſt très-ancienne. Elle eſt antérieure à *Paracelſe*. Les Chimiſtes de ces temps-là, ſans en diſtinguer les eſpeces, les déſignerent en général ſous le nom de *Spiritus ſylveſtris*, *Eſprit ſauvage*. *Vanhelmont* ſubſtitua le nom de *gas* à celui d'eſprit, & conſerva l'épithete *ſylveſtris*. *Boyle*, *Hales*, & pluſieurs autres qui l'ont ſuivi, leur ont donné le nom d'*air*. Quoique ces Phyſiciens euſſent obſervé différentes propriétés de ces fluides, ils les ont cependant tous regardés comme le même, mais plus ou moins vicié par des matieres hétérogenes. La diſtinction de leurs différentes eſpeces, & la connoiſſance de pluſieurs de leurs propriétés, ſont dues ſur-tout à M. *Prieſtley*, qui a fait ſur ces *gas* un très-grand nombre de belles expériences, & avec un appareil très-ſimple de ſon invention, que l'on a appelé *appareil pneumato-chimique*, & qui a été adopté, avec raiſon, par tous les Phyſiciens qui ont travaillé depuis ſur cette matiere. M. *Prieſtley* a donné la deſcription de cet appareil, les manipulations & les réſultats de ces expériences, dans un Ouvrage en trois volumes, traduit de l'anglois par M. *Gibelin*, & intitulé : *Expériences & Obſervations ſur différentes eſpeces d'air*. Je penſe que

le Lecteur ſera bien aiſe de trouver ici la deſcription de cet appareil, ainſi que celle des inſtrumens dont on fait uſage pour recueillir ces ſubſtances aériformes, les meſurer, les mêler, les combiner les unes avec les autres, ou avec d'autres ſubſtances; & enfin pour faire les expériences qui tendent à faire connoître les différentes propriétés de ces fluides. Nous avons dit ci-deſſus (590), que, parmi ces fluides, les uns ſont inſolubles dans l'eau, & les autres y ſont ſolubles. Il faut donc, pour les extraire, deux appareils : l'un à l'eau, pour ceux qui y ſont inſolubles, & l'autre au mercure, pour ceux qui ne pourroient être reçus ſous l'eau.

594. L'appareil à l'eau conſiſte en une cuvette de bois ABCD (*fig.* 112.), doublée de plomb, d'environ 18 pouces de largeur, d'autant de profondeur, & de 30 ou 36 pouces de longueur. A l'un de ſes petits côtés AB, en dedans, & à environ 15 lignes de ſon bord ſupérieur, eſt placée, entre deux taſſeaux, une planche épaiſſe EF, percée de deux trous ronds *a*, *b*, de 4 ou 5 lignes de diametre, & évaſés par-deſſous en forme d'entonnoir, & de pluſieurs oblongs *c*, *d*, dont nous verrons l'uſage ci-après. Cette cuvette eſt portée ſur quatre pieds G, H, I, K, qui ſe montent à vis, & qui ſervent à la mettre à une hauteur commode pour le Phyſicien *Fig.* 112.

qui en fait usage. Tout cela ainsi ajusté, on remplit la cuvette d'eau claire, de maniere qu'il y en ait 10 ou 12 lignes au dessus du plan supérieur de la planche EF.

595. Tout cela ainsi disposé, on est en état d'extraire des gas des substances qui peuvent les fournir. Pour cela, il faut avoir plusieurs cloches
Fig. 113. de verre (*fig.* 113.) plus longues que larges. Il est bon qu'elles n'aient que 3 à 4 pouces de diametre, pour pouvoir les manier plus commodément; & il faut qu'elles n'aient qu'une hauteur telle qu'on puisse les retourner facilement dans la cuvette. Ce sont-là les vases dans lesquels on recevra les gas. Supposons qu'on veuille se procurer celui qui se dégage par l'effervescence d'un carbonate alkalin ou calcaire avec les acides; on commence par remplir d'eau en entier, dans
Fig. 113. la cuvette même, la cloche (*fig.* 113.); & après l'avoir retournée l'ouverture en en bas, on la
Fig. 112. glisse sur la planche EF (*fig.* 112.), ayant soin que son ouverture ne sorte pas de l'eau, & on la place sur un des trous *c* ou *d*. Ce vase reste ainsi entiérement plein d'eau, laquelle y demeure suspendue par la pression de l'athmosphere sur l'eau de la cuvette. Après quoi l'on met du carbonate alkalin ou calcaire dans un flacon A
Fig. 114. (*fig.* 114.), dans le goulot duquel est engagé un tuyau de verre recourbé BCD, & qui a sur

ſon épaulement un trou rond, ou un ſecond goulot, dans lequel eſt placée la tige d'un entonnoir E, bouchée avec un petit tuyau de verre F garni de cire molle par le bout inférieur. On met dans cet entonnoir de l'acide, qui doit être fort affoibli avec de l'eau, afin d'éviter une efferveſcence trop prompte & trop violente. On laiſſe tomber une portion de cet acide ſur le carbonate, en ſoulevant pour un inſtant le petit tuyau de verre F : on laiſſe échapper les premieres vapeurs, pour chaſſer l'air qui eſt dans le flacon; &, lorſqu'on juge qu'il eſt entiérement ſorti, on engage le bout D du tuyau recourbé ſous le trou *c* ou *d* de la planche FE (*fig.* 112.), ſur lequel eſt placée la cloche (*fig.* 113.), & l'on ſoutient le flacon ſur un guéridon, ou une table, ou autrement. Alors la diſſolution & l'efferveſcence continuant à ſe faire, le gas, qui s'en dégage, s'échappe avec rapidité par le tuyau recourbé B C D (*fig.* 114), &, par ſa légéreté reſpective, traverſe l'eau ſous la forme de bulles d'air, va ſe placer à la partie ſupérieure de la cloche, &, en vertu de ſon élaſticité, fait baiſſer l'eau dans la cloche, à meſure qu'il s'y introduit. Pour continuer l'opération, on débouche de temps en temps la tige de l'entonnoir E, pour faire paſſer de nouvel acide dans le flacon, ſans cependant y laiſſer rentrer de l'air, & faire

Fig. 112.
Fig. 113.
Fig. 114.

par-là continuer l'effervefcence & le dégagement du gas. On peut de cette maniere extraire la quantité de gas que l'on défire fe procurer.

Tous les gas qui s'extrayent des différentes fubftances, métalliques ou autres, par le moyen des acides, fe recueillent par le même procédé.

596. A l'égard des gas qui font très-folubles dans l'eau, tels que les gas acides ou alkalins, & qui ne font que la fubftance elle-même qui les fournit, combinée avec la matiere de la chaleur, on ne peut pas les recevoir dans l'eau, comme les autres; ils fe combineroient fur le champ avec elle, & redeviendroient, par cette combinaifon, la fubftance même dont on les auroit tirés. Pour ceux-ci il faut l'appareil au mercure. Cet appareil eft conftruit fur les mêmes principes que l'appareil à l'eau, avec cette différence, qu'à caufe du grand prix & du poids exceffif du mercure, on le fait beaucoup plus petit. Sa cuvette ne doit point être de métal, ni doublée de métal; mais de faïence, ou de porcelaine, ou de marbre, ou de pieces de bois dur & compacte, folidement & parfaitement affemblées. Les vafes dans lefquels on met les fuftances dont on tire ces gas, font ordinairement
Fig. 115. de petites cornues de verre OM (*fig.* 115.), au bout du col M defquelles eft luté un tube de verre recourbé MN. On fait chauffer la cornue

ſur un petit réchaud, ou par le moyen de la flamme d'une bougie ; & l'on engage le bout N du tube ſous la petite cloche remplie de mercure, après avoir laiſſé échapper tout l'air qui étoit dans la cornue. Par ce petit degré de chaleur, la ſubſtance que l'on a miſe en expérience, prend la forme gaſeuſe & aérienne, & paſſe ainſi ſous la cloche, en faiſant baiſſer le mercure qui la remplit.

597. Si l'on veut extraire pluſieurs eſpeces de gas en même temps, on le peut faire avec les mêmes appareils. C'eſt pour cela qu'on pratique à la planche E F (*fig.* 112.) pluſieurs trous oblongs *c*, *d*, deſtinés à introduire le bout D du tube recourbé de la *fig.* 114, ſur lequel on place une cloche pleine d'eau ou de mercure. Dans ce cas-là il faut avoir ſoin, pour éviter la confuſion, de coller, ſur chaque cloche, une étiquette qui indique l'eſpece de gas auquel elle eſt deſtinée. *Fig.* 112. *Fig.* 114.

598. Un grand nombre de cloches, ainſi remplies de gas & placées ſur la planche EF (*fig.* 112.), deviendroit embarraſſant. On peut s'en débarraſſer de la maniere ſuivante, & conſerver les gas qu'elles contiennent. On coule ſous la liqueur de la cuvette une ſoucoupe ou une aſſiette, &c., &, lorſqu'elle eſt ſubmergée, on gliſſe par-deſſus la cloche pleine de gas dont on veut débarraſſer la planche, & on enleve *Fig.* 112.

ainsi la cloche placée debout sur la soucoupe qui lui sert de support.

599. Si l'on veut faire passer un gas d'un vase dans un autre, on remplit celui-ci de la liqueur de la cuvette, & on le place debout sur la planche EF, au dessus de l'un des trous *a* ou *b*, comme nous avons dit qu'on le fait pour l'extraction des gas (595); ensuite on plonge le vase qui contient le gas qu'on veut transvaser, & on l'incline doucement sous le trou de la planche sur lequel est placé le vase plein de liqueur. Alors le gas monte par bulles, & va prendre la place de la liqueur, en la faisant baisser. Un peu d'habitude rendra cette manipulation très-facile. On peut, par le même procédé, mettre des gas en bouteilles, pour les transporter au loin; mais il faut avoir soin de les bien boucher, avant de faire sortir leur goulot de la liqueur de la cuvette, dont on a laissé une très-petite quantité dans la bouteille, & les tenir ensuite dans une situation à peu près verticale, le goulot en en-bas.

600. On peut encore, par la même manipulation, mêler ensemble différentes especes de gas. Pour cela, on remplit de la liqueur de la
Fig. 116. cuvette un vase (*fig.* 116.), & on le place sur
Fig. 112. le trou *a* ou *b* de la planche EF (*fig.* 112.). Ensuite on remplit, par le procédé décrit ci-

dessus (599), successivement des différentes especes de gas que l'on veut mêler, la petite mesure (*fig.* 117.), & on la fait passer sous le vase dans lequel on veut faire le mélange, en l'inclinant doucement sous le trou de la planche sur laquelle ce vase est placé. De cette façon, la mesure de gas passe dans ce vase, & en va occuper la partie supérieure. On en met de chaque espece autant de mesures que l'on veut, & l'on fait ainsi le mélange dans des proportions connues. *Fig.* 117.

601. Par tous les procédés, que nous venons de décrire, on peut, comme l'on voit, d'une maniere simple & commode, recueillir, conserver, transvaser, transporter, mélanger les différentes especes de gas.

602. Nous avons dit ci-dessus, (592) que les gas ou fluides suffoquans composent la seconde casse des fluides élastiques.

Nous les divisons en trois ordres. Le premier comprend ceux qui ne sont point salins, c'est-à-dire, qui ne sont ni acides ni alkalins : le second, ceux qui sont salins, c'est-à-dire, qui sont ou acides ou alkalins : le troisieme, ceux qui sont inflammables, & qu'on appelle *hydrogènes*.

603. *Ordre premier.* Les gas non-salins sont au nombre de trois; savoir, le *gas azotique*, ou athmosphérique, qu'on appelle aussi *mofette* ;

le *gas nitreux*, & le *gas muriatique oxigéné.*

604. *Ordre ſecond.* Les gas ſalins ſont au nombre de cinq; ſavoir, le *gas acide carbonique*, le *gas acide muriatique*, le *gas acide ſulfureux*, le *gas acide fluorique*, & le *gas ammoniacal*, ou alkalin.

605. *Ordre troiſieme.* Les gas inflammables ou hydrogènes ſont tous de la même eſpece, mais il y en a pluſieurs variétés. On a donc le *gas hydrogène pur*, dont les variétés ſont le *gas hydrogène ſulfuré*, le *gas hydrogène phoſphoré*, le *gas hydrogène carboné*, le *gas hydrogène carbonique*, & le *gas hydrogène des marais.*

606. *TABLE méthodique des Fluides élaſtiques.*

Fluides élaſtiques.

Vivifians........ CLASSE I.

- Air athmoſphérique........ 1.
- Air pur ou vital, dit *gas oxigène*.................... 2.

Suffoquans....... CLASSE II.

Non-ſalins.............. *Ordre* 1.

- Gas azotique.............. 3.
- Gas nitreux............... 4.
- Gas muriatique oxigéné.... 5.

Salins.................... *Ordre* 2.

- Gas acide carbonique...... 6.
- Gas acide muriatique...... 7.
- Gas acide ſulfureux....... 8.
- Gas acide fluorique........ 9.
- Gas ammoniacal...........10.

Inflammables ou hydrogènes. *Ordre* 3.

- Gas hydrogène pur........11.
- Gas hydrogène ſulfuré....12.
- Gas hydrogène phoſphoré..13.
- Gas hydrogène carboné...14.
- Gas hydrogène carbonique.15.
- Gas hydrogène des marais.16.

607. Comme nous allons nous ſervir ici d'une Langue nouvelle, il eſt bon d'en prendre une notion préliminaire, en jetant un coup d'œil ſur les ſynonymies anciennes & nouvelles, placées ci-devant, *Tome I.*

608. Tous les fluides élaſtiques ſont composés d'une baſe, ſoit ſimple, ſoit elle-même composée, combinée avec la matiere de la chaleur, que, pour abréger, l'on appelle le *calorique*. Ces fluides ne ſont point contenus en entier dans les ſubſtances dont on fait uſage pour les extraire; il n'y a que leurs baſes qui y ſoient contenues, leſquelles, dans le temps de l'extraction, ſe combinent avec le calorique, & prennent par-là la forme de fluides élaſtiques.

Baſes des Fluides élaſtiques.

609. 1. L'air athmoſphérique eſt composé de deux fluides élaſtiques, ſimplement mêlés enſemble; dont l'un eſt l'air pur ou vital, appelé *gas oxigène*, & l'autre une mofette appelée *gas azotique* ou athmoſphérique : 28 parties du premier, & 72 de l'autre. Ainſi ſa baſe eſt composée de l'*oxigène* & de l'*azote*.

610. 2. La baſe de l'air pur, ou gas oxigène, eſt le principe acidifiant, ſans lequel il n'y a point d'acide, & que l'on appelle, pour cette raiſon, *oxigène*, c'eſt-à-dire, *générateur des acides*.

611. 3. La baſe du gas azotique eſt, lorſque ce gas eſt ſeul un être incapable d'entretenir la vie des animaux; c'eſt pourquoi on lui a donné le nom d'*azote*, c'eſt-à-dire, privatif de la vie.

Il

Il est vrai que ce nom convient aussi à tous les fluides suffoquans ; mais comme celui-ci est le plus commun, qu'il nous environne continuellement (& l'on verra par la suite (676) qu'il ne nous est pas inutile), on lui a donné ce nom, plutôt qu'aux autres.

612. 4. La base du gas nitreux est ce même *azote*, combiné avec un peu d'*oxigène*.

613. 5. La base du gas muriatique oxigéné est l'*acide muriatique*, surchargé d'*oxigène* & de flegme.

614. 6. La base du gas acide carbonique est l'*oxigène* qui tient du *carbone* en dissolution ; lequel carbone est du charbon dans son état de pureté.

615. 7. La base du gas acide muriatique est l'*acide muriatique*, privé de l'eau surabondante à son essence.

616. 8. La base du gas acide sulfureux est l'*acide sulfurique*, connu sous le nom d'acide vitriolique, mais qui a perdu une partie de son *oxigène*, ou qui est surchargé de *soufre* ; qui, par-là, est devenu acide sulfureux, & qui est privé de l'eau surabondante à son essence.

617. 9. La base du gas acide fluorique, connu sous le nom de gas acide spathique, est l'*acide fluorique*, privé de l'eau surabondante à son essence.

618. 10. La base du gas ammoniacal eſt l'*ammoniaque*, ou alkali volatil cauſtique, privé de l'eau ſurabondante à ſon eſſence.

619. Ces quatre derniers gas ſont des acides ou des alkalis auſſi concentrés qu'ils puiſſent l'être, puiſqu'ils ſont privés de toute leur eau ſurabondante.

620. 11. La baſe du gas hydrogène pur eſt une ſubſtance inconnue, à laquelle on a donné le nom d'*Hydrogène*, c'eſt-à-dire, *Générateur de l'eau*.

621. 12. La baſe du gas hydrogène ſulfuré, connu ſous le nom de gas hépatique, eſt l'*hydrogène* qui tient du *ſoufre* en diſſolution.

622. 13. La baſe du gas hydrogène phoſphoré eſt l'*hydrogène* qui tient du *phoſphore* en diſſolution.

623. 14. La baſe du gas hydrogène carboné eſt l'*hydrogène* qui tient du *carbone* en diſſolution.

624. 15. La baſe du gas hydrogène carbonique eſt l'*hydrogène* mêlé en différentes proportions avec la baſe du gas acide carbonique, c'eſt-à-dire, avec l'*oxigène* tenant du *carbone* en diſſolution.

625. 16. La baſe du gas hydrogène des marais eſt l'*hydrogène* mêlé en différentes proportions avec la baſe du gas azotique, c'eſt-à-dire, avec l'*azote*.

Composition des Acides, &c.

626. Tous les acides sont composés d'une base combinée avec l'oxigène ; le tout dissous dans l'eau.

627. L'acide carbonique est composé d'*oxigène* combiné avec du *carbone*, & de l'eau.

628. L'acide sulfurique est composé d'*oxigène* combiné avec du *soufre*, & de l'eau.

629. L'acide sulfureux est le même que l'acide sulfurique ; mais il tient moins d'*oxigène* ou plus de *soufre*.

630. L'acide fluorique est composé d'*oxigène* combiné avec une base jusqu'à présent inconnue, & de l'eau.

631. L'acide muriatique est composé d'*oxigène* combiné avec une base encore inconnue, & de l'eau.

632. On ne peut pas connoître ces bases ; parce qu'on ne peut pas les séparer de l'oxigène sans les fixer dans une autre substance.

633. L'acide muriatique oxigéné est de l'acide muriatique surchargé d'*oxigène*, & qui paroît avoir perdu par-là la plus grande partie de son acidité.

634. L'acide nitrique est composé d'*oxigène* combiné, jusqu'à saturation, avec la base du gas nitreux, qui est de l'*azote* déjà combiné avec un peu d'*oxigène*, & de l'eau.

635. L'acide nitreux eſt le même que l'acide nitrique ; mais il tient moins d'*oxigène* ou plus d'*azote*.

636. L'acide nitro-muriatique, dit *eau régale*, eſt composé de l'*acide nitrique* & de l'*acide muriatique*. Ni l'un ni l'autre de ces acides ne peut diſſoudre l'or ; mais, par leur mélange, il ſe forme un nouveau composé, qui eſt le diſſolvant de l'or. L'acide muriatique, dont la baſe a une très-grande affinité avec l'oxigène, ſe combine donc avec celui de l'acide nitrique ; & devient l'acide muriatique ſurchargé d'oxigène, propre à diſſoudre l'or, le platine, &c.

637. L'acide phoſphorique eſt composé d'*oxigène* combiné avec du *phoſphore*, & de l'eau.

638. L'acide phoſphoreux eſt le même que l'acide phoſphorique ; mais il tient moins d'*oxigène* ou plus de *phoſphore*.

639. L'ammoniaque eſt composé d'une partie d'*hydrogène*, de ſix parties d'*azote*, & d'eau.

640. L'eau eſt composée de 85 parties d'*oxigène* & de 15 parties d'*hydrogène*, meſurant par le poids.

641. La connoiſſance des parties conſtituante de toutes ces liqueurs, nous mettra en état de mieux entendre ce qui arrive dans leur combinaiſon avec d'autres ſubſtances.

Paſſons maintenant à l'examen de la nature & des propriétés des fluides élaſtiques.

CLASSE I.

Fluides élastiques vivifians.

642. Ces fluides sont ceux qui, non seulement servent, mais qui sont essentiels à la respiration des hommes & des animaux, & à la combustion des corps. Tels sont l'air athmosphérique & l'air pur ou vital, ou gas oxigène.

1. *Air athmosphérique.*

643. L'air de l'athmosphere a été long-temps regardé comme un *élément*, comme un être dont toutes les parties, semblables entre elles, étoient simples & indécomposables. Aujourd'hui on a des preuves certaines que l'air athmosphérique est un composé de au moins deux fluides élastiques très-différens (609) : savoir, de l'air pur ou vital, fluide absolument essentiel à la respiration des animaux & à la combustion des corps, & d'une mofete appelée *gas azotique*, fluide dans lequel les corps embrasés sont éteints sur le champ, & les animaux promptement suffoqués. Le premier de ces fluides est détruit ou absorbé par la combustion d'un corps quelconque : le second résiste à cette épreuve, comme le prouve l'expérience suivante.

644. EXPÉRIENCE. Sur la planche EF (*fig.* 112.) *Fig.* 112.

de l'appareil pneumato-chimique, mettez une
Fig. 113. cloche de verre (*fig.* 113.) pleine d'air athmofphérique, qui couvre une bougie allumée, flottante fur une petite rondelle de bois. Dans le premier inftant, une petite partie de l'air, raréfié par la chaleur, fortira par le deffous de la cloche; enfuite l'activité de la flamme de la bougie ira toujours en diminuant, jufqu'à ce qu'enfin la bougie s'éteigne, pendant lequel temps l'eau de la cuvette montera dans la cloche.

645. Lorfque le tout fera refroidi, & revenu à la température qui exiftoit avant de commencer l'expérience, vous trouverez environ le quart de la capacité de la cloche rempli d'eau. Cette eau a pris la place du fluide abforbé : ce qui refte n'eft plus qu'une mofete, capable de fuffoquer les animaux, & d'éteindre les corps embrafés. En effet, dans l'air bien conftitué, fur 100 parties en volumes, il y en a 28 d'air vital, & 72 de mofete ou gas azotique. La mofete qui demeure fous la cloche, n'eft pas pure : dans ce cas-là, elle fe trouve mêlée avec un autre fluide élaftique, dont nous parlerons ci-après (735), qui eft le gas acide carbonique, qui eft toujours produit par tous les corps qui brûlent. Mais comme ce gas eft foluble dans l'eau, & que la mofete ne l'eft pas, il eft aifé de fe procurer la mofete pure, en l'agitant fortement dans

cette liqueur. On peut plus sûrement absorber le gas acide carbonique par l'eau de chaux, comme nous le prouverons ci-après (753).

646. L'air athmosphérique n'est donc pas un être dont toutes les parties sont homogènes, puisque les unes sont absorbées par la combustion d'un corps, & que les autres sont inaltérables par cette épreuve. Il n'y a donc dans l'air athmosphérique qu'environ un quart qui soit propre à la respiration & à la combustion, tandis que les trois autres quarts ne le sont pas.

Examinons maintenant séparément les deux fluides qui composent l'air athmosphérique.

2. *Air pur ou vital appelé* Gas oxigène.

647. L'air pur ou vital est composé d'une base appelée *oxigène*, combinée avec une grande quantité de la matiere de la chaleur ou de calorique (610). Cette base a été appelée *oxigène*, c'est-à-dire, *générateur des acides*, parce que cette base est le vrai principe acidifiant, le principe sans lequel il n'y a point d'acide.

C'est ce fluide que M. Priestley & plusieurs autres, après lui, ont si mal à propos appelé *air déphlogistiqué.*

648. On peut le retirer, par la chaleur, de beaucoup de substances; mais sur-tout de l'oxide natif de Manganese, & des oxides métalliques

qu'on peut revivifier ſans addition de matiere inflammable, tels que les oxides de mercure. Le précipité *per ſe*, qui eſt un oxide de mercure, & le précipité rouge, ou le mercure calciné par l'acide nitrique, en fourniſſent une grande quantité, comme on peut s'en aſſurer par l'expérience ſuivante.

649. EXPÉRIENCE. Dans un petit matras A B
Fig. 118. (*fig.* 118.), au col duquel vous adapterez un tube recourbe C D, mettez une once d'oxide de mercure rouge par le feu : faites-le chauffer ſur un réchaud R; & après que tout l'air athmoſphérique, qui remplit le matras, en ſera ſorti, engagez l'extrémité D du tube recourbé ſous une cloche
Fig. 113. (*fig.* 113.) remplie de la liqueur de la cuvette
Fig. 112. (*fig.* 112.), & placée ſur la planche EF, au deſſus du trou oblong *c* ou *d*.

650. A meſure que le mercure ſe revivifiera & redeviendra coulant, vous verrez ſe dégager & paſſer dans la cloche un fluide compreſſible, élaſtique, tranſparent, ſans couleur & inviſible, qui eſt l'air le plus pur & le plus reſpirable qu'on puiſſe ſe procurer, en un mot, l'air pur ou vital, ou gas oxigène.

651. On l'obtiendra, par le même procédé, de l'oxide natif de Manganeſe, ou du minium, qui eſt un oxide de plomb, arroſé d'acide nitrique. Dans ce dernier cas, c'eſt cet acide

qui fournit la plus grande partie de l'oxigène.

652. Pour bien entendre ces effets, il faut savoir que ce fluide n'est point contenu en entier dans ces corps : il n'y en a que la base, qui est l'oxigène. Car les métaux ne se calcinent ou ne brûlent qu'en se combinant avec l'oxigène, qui y devient solide, & leur ajoute son poids. Cet oxigène est ensuite chassé par la chaleur, qui, en se combinant avec lui, le fait passer à l'état de fluide élastique ; & voilà l'air pur. Pendant ce temps-là, le métal, perdant l'oxigène qui l'avoit réduit à l'état d'oxide, reprend son éclat métallique, & perd le poids qu'il avoit acquis en devenant oxide.

653. Toutes les combustions ne sont donc qu'une combinaison de l'oxigène avec le corps combustible : ce n'est donc point le corps combustible qui est décomposé ; c'est l'air pur. Ainsi on pourroit dire que, dans toutes les combustions, il n'y a que l'air pur de brûlé.

654. L'air pur émane aussi des plantes vertes exposées au soleil avec de l'eau, & non des fleurs ni des racines, comme l'a prouvé *Inghen-Houze*. Dans cette opération, les feuilles des végétaux décomposent l'eau (817), en absorbant l'hydrogène, l'une de ses parties constituantes ; & en laissant dégager, dans l'état d'air pur, l'oxigène, autre partie constituante de cette liqueur. La

lumiere contribue sans doute à cette décomposition, puisqu'elle n'a pas lieu sans son contact, comme l'a encore prouvé *Inghen-Houze*.

655. Souvent l'air pur, qu'on obtient de différentes substances, est mêlé d'un peu de mofete : il n'y a que celui qu'on retire de l'oxide de mercure rouge par le feu, de l'oxide natif de Manganese & des plantes vertes, qui en soit exempt.

656. L'air pur est un peu plus pesant que l'air athmosphérique : sa pesanteur spécifique est à celle de l'air, comme 108 $\frac{1}{2}$ est à 100 : & à celle de l'eau distillée, comme 13,3929 est à 10000,0000. De sorte que le pouce cube de ce fluide pese $\frac{1}{2}$ grain ou 0,5000 de grain ; & le pied cube 1 once 4 gros : tandis que la pesanteur spécifique de l'air athmosphérique, comparée à celle de l'eau, est comme 12,3233 est à 10000,0000. Le pouce cube de cet air ne pese que 0,4601 de grain, & le pied cube 1 once 3 gros 3 grains.

657. L'air pur ne donne aucun signe d'acidité, quoiqu'il soit le générateur de tous les acides, le principe sans lequel il n'y a point d'acide ; car il ne rougit point les couleurs bleues des végétaux, comme le font tous les acides.

658. Expérience. Que l'on mette un peu de teinture de Tournesol, délayée d'eau, dans un tube plein d'air pur, la couleur n'en sera pas changée.

659. L'air pur ſeul n'eſt point abſorbé par l'eau ; il n'y eſt point du tout ſoluble. Mais il eſt abſorbé preſque en entier par le gas nitreux, avec lequel il ſe combine, comme nous le verrons en traitant du gas nitreux (691) : & cette combinaiſon eſt ſoluble dans l'eau, & forme l'acide nitreux. Car cet acide eſt compoſé de la baſe du gas nitreux, combinée avec l'oxigène, le tout diſſous dans l'eau (635).

660. L'air pur ſert éminemment à la reſpiration : les animaux y vivent bien plus long-temps qu'ils ne feroient dans une même quantité d'air athmoſphérique.

661. Expérience. Si l'on renferme un animal dans un grand vaſe plein d'air pur, il y vivra environ quatre fois auſſi long-temps qu'il y auroit vécu, ſi ce vaſe eût été plein d'air athmoſphérique ; parce que l'animal trouve dans ce vaſe environ quatre fois autant de fluide propre à la reſpiration, qu'il y en auroit trouvé, ſi le vaſe eût été rempli d'air athmoſphérique.

662. L'air pur eſt donc le ſeul fluide propre à l'entretien de la vie des animaux. En voici la raiſon. Il faut, pour l'entretien de la vie, une grande quantité de calorique : l'air pur en contient beaucoup (647). Mais comme ſa baſe (l'oxigène) ſe combine très-aiſément avec le carbone qui ſe trouve dans le ſang & les poumons,

elle abandonne, pendant cette combinaiſon, une partie de ſon calorique, qui demeure pour l'entretien de la vie : le reſte du calorique & l'oxigène combinés avec le carbone forment le gas acide carbonique (735) expiré. C'eſt donc la grande affinité qu'il y a entre le carbone & la baſe de l'air pur, qui rend ce fluide propre à la reſpiration. Et comme les baſes des autres fluides élaſtiques ne jouiſſent point de cette grande affinité, elles n'abandonnent point leur calorique : d'où il réſulte que l'air pur eſt le ſeul propre à cette fonction. L'air pur que nous reſpirons ſert donc à deux fonctions également néceſſaires à notre conſervation : il enleve au ſang le carbone, dont la ſurabondance ſeroit très-nuiſible ; & le calorique que cette combinaiſon dépoſe dans les poumons, répare la perte continuelle de chaleur que nous éprouvons de la part de l'athmoſphere & des corps environnans.

663. Mais, puiſque dans la reſpiration il ſe dégage de l'air pur une très-grande quantité de calorique, il paroît que ce fluide ſeroit nuiſible aux animaux qui le reſpireroient ſeul pendant un certain temps, en raréfiant trop leur ſang, & en augmentant la rapidité de ſa circulation ; ce qui pourroit leur donner une fievre ardente, & occaſionner une inflammation aux poumons.

664. L'air pur eſt le ſeul fluide élaſtique dans

lequel les corps puissent brûler ; car, dans l'air athmosphérique, dans lequel les corps brûlent aussi, il n'y a que l'air pur qui s'y trouve, qui soit propre à la combustion, parce que la combustion n'est qu'une combinaison de l'oxigène avec le corps combustible (653). Mais lorsque l'air pur est dégagé de tout autre fluide, la combustion s'y fait avec beaucoup de chaleur & de lumiere. Ces deux phénomenes sont dûs à la séparation rapide de la matiere de la chaleur ou calorique qui prend l'état de liberté, en quittant la base de cet air, à mesure que cette base (l'oxigène) se fixe dans le corps qui brûle.

665. EXPÉRIENCE. Plongez une bougie allumée dans un vase plein d'air pur. La flamme de cette bougie y devient plus grande, plus vive, plus ardente, plus lumineuse ; mais la combustion de la bougie en est trois ou quatre fois plus rapide.

666. EXPÉRIENCE. Plongez, dans un vase plein d'air pur, un morceau de bois, dont une petite partie soit en charbon allumé. Ce bois s'enflamme sur le champ, & brûle avec une rapidité incroyable.

667. EXPÉRIENCE. Au bouchon d'une bouteille fixez un petit fil de fer fin, roulé en spirale, qui porte à son extrémité un petit morceau d'amadou: remplissez cette bouteille d'air pur; plongez-y le

fil de fer, après avoir allumé l'amadou. Le fil de fer, allumé par l'amadou, fond & brûle très-rapidement, en jetant des étincelles semblables aux aigrettes d'artifice (1).

668. Si l'on souffle le feu avec l'air pur, on en augmente considérablement l'activité, comme cela a été prouvé par MM. *Priestley* & *Lavoisier.* Ce dernier a, par ce procédé, fait fondre, en moins d'une demi-minute, le platine en bain parfait, ce qu'on n'a pas encore pu faire jusqu'ici avec les verres ardens les plus forts.

669. L'air pur est donc composé d'oxigène combiné avec une grande quantité de calorique, & de plus, suivant quelques-uns, avec la lumiere. Dans la respiration, l'air pur perd une partie de son calorique, qui s'en sépare pour l'entretien de la vie de l'animal (*662*); & cet air pur, ainsi dépouillé d'une partie de son calorique, devient gas acide carbonique, en se combinant avec le carbone qui se trouve dans le sang & les poumons : car le gas acide carbonique, pour avoir la forme gaseuse, n'a pas besoin d'une aussi grande quantité de calorique qu'en exige l'air pur. De sorte que ce que l'animal expire, est du

(1) *Nota.* Il est bon de faire une échancrure au bouchon, afin qu'il ne ferme pas exactement la bouteille, pour en éviter la rupture.

gas azotique (673), mêlé de gas acide carbonique (735).

670. La base de l'air pur ou l'oxigène est une des parties constituantes de l'eau (640). Cette base, combinée avec celle du gas hydrogène ou inflammable, forme de l'eau. Nous verrons ceci clairement prouvé par la suite (825 *& suiv.*).

CLASSE II.

Fluides élastiques suffoquans.

671. Ces fluides sont ceux qui ne peuvent servir ni à la respiration des animaux, ni à la combustion des corps (592). Tels sont tous les gas dont nous allons parler.

ORDRE I.

Gas non-salins.

672. Ce sont ceux qui ne sont ni acides ni alkalins (602).

3. *Gas azotique.*

673. Le gas azotique ou athmosphérique, que M. *Lavoisier* a désigné sous le nom de *mofete*, est la partie non-respirable de l'athmosphere, dont elle forme à peu près les trois quarts (645). C'est ce fluide que M. *Priestley* avoit appelé *air phlogistiqué*, parce qu'il avoit cru qu'il n'étoit

que de l'air altéré par le phlogiſtique dégagé des corps en combuſtion, ou des matieres odorantes, &c. Mais il eſt bien prouvé maintenant que ce fluide eſt tout formé dans l'athmoſphere, & qu'il reſte entier à meſure que l'air pur eſt abſorbé.

674. Le gas azotique eſt compoſé d'une baſe appelée *azote* (611), combinée avec le calorique. On a donné à cette baſe le nom d'*azote*, c'eſt-à-dire, privatif de la vie, parce que les animaux ne peuvent vivre dans ce fluide, lorſqu'il eſt ſeul.

675. Le gas azotique eſt le réſidu de la reſpiration des animaux, de la combuſtion des corps & de la putréfaction, parce que dans tous ces cas l'air pur eſt abſorbé ou détruit. Dans la reſpiration, une portion du calorique de l'air pur demeure pour l'entretien de la vie; & l'oxigène, en ſe combinant avec la matiere charbonneuſe, que les Chimiſtes prétendent ſe trouver dans le ſang & les poumons, & qu'ils appellent *carbone*, devient le gas acide carbonique, que les animaux expirent conjointement avec le gas azotique (662). Dans la combuſtion (653) & la putréfaction (765), l'oxigène ſe combine en partie avec le corps qui brûle ou qui pourrit; & le reſte de cet oxigène ſe combine avec le carbone que fourniſſent ces ſubſtances : d'où il ſuit que, dans tous ces cas, le gas azotique eſt mêlé de gas acide

acide carbonique, comme nous l'avons annoncé ci-dessus (645).

676. Il y a plusieurs moyens de se procurer le gas azotique pur. Le plus usité est le procédé de *Scheele*, qui consiste à exposer du sulfure liquide à une quantité déterminée d'air athmosphérique, sous des cloches de verre : le sulfure en absorbe peu à peu l'oxigène ; & lorsque l'absorption est complette, le gas azotique demeure pur. On l'obtient aussi, d'après la découverte de M. *Bertholet*, de l'Académie des Sciences, en traitant la chair musculaire, ou la partie fibreuse du sang bien lavée, avec l'acide nitreux, dans l'appareil pneumato-chimique, parce que la base de ce gas entre dans la composition des chairs, & sert à les animaliser. Mais il faut que les matieres animales soient bien fraîches ; car si elles sont altérées, elles fournissent du gas acide carbonique, mêlé au gas azotique.

677. On trouvera encore ce gas pur dans le résidu de l'air qui a servi à la calcination des métaux, & de l'air qui a été mêlé en juste proportion avec le gas nitreux ; parce que les métaux & le gas nitreux se combinent avec l'oxigène, base de l'air pur : il ne reste après cela que le gas azotique.

678. M. *de Fourcroy*, de l'Académie des Sciences, a découvert que les vessies natatoires

des poiſſons ſont pleines de ce gas ; & qu'il ſuffit, pour le recueillir, de crever ces veſſies ſous des cloches pleines d'eau.

679. Le gas azotique eſt un peu plus léger que l'air athmoſphérique : ſa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 96 ½ eſt à 100 : & à celle de l'eau-diſtillée, comme 11,9048 eſt à 10000,0000 ; de ſorte que le pouce cube de ce fluide peſe 0,4444 de grains, & le pied cube 1 once 2 gros 48 grains. On peut prouver cet excès de légéreté par l'expérience ſuivante.

680. Expérience. Mettez deux bougies allumées de différentes hauteurs ſous une cloche de verre pleine d'air, & de maniere que l'air ne puiſſe pas s'y renouveler. A meſure que les bougies uſeront l'air pur ou vital, elles s'éteindront ; mais la plus haute s'éteindra la premiere : preuve que le gas demeure dans le haut ; donc il eſt plus léger.

681. Le gas azotique, lorſqu'il eſt pur, n'a aucune odeur ni ſaveur ſenſibles.

682. Il n'eſt point ſoluble dans l'eau, ou du moins très-peu.

683. Expérience. Dans un long tube de verre
Fig. 116. (*fig.* 116.), diviſé en meſures égales par des traits de diamant, mettez 3 ou 4 fois la pleine
Fig. 117. meſure (*fig.* 117.) de ce gas ; enſuite agitez fortement ce tube (ſon ouverture étant en en-bas)

dans l'eau de la cuvette (*fig.* 112.) : ſon volume ne ſera pas ſenſiblement diminué. *Fig.* 112.

684. Le gas azotique ne donne aucun ſigne d'acidité. Il ne rougit point les couleurs bleues des végétaux.

685. Expérience. Dans un tube plein de ce gas, mettez un peu de teinture de tourneſol délayée d'eau : la couleur n'en ſera pas changée.

686. Il ne précipite point la chaux diſſoute dans l'eau.

687. Expérience. Mettez, dans un tube plein de ce gas, un peu d'eau de chaux : elle demeurera claire & limpide ; il n'y aura point de chaux précipitée, ni de craie formée.

688. Le gas azotique éteint ſubitement les corps embraſés : il tue avec beaucoup de promptitude & d'énergie les animaux qu'on y plonge.

689. Expérience. Dans un vaſe plein de ce gas, plongez un animal ou une bougie allumée : l'animal y ſera promptement ſuffoqué, ou la bougie ſubitement éteinte.

690. Le gas azotique ſe rétablit & devient reſpirable par la végétation de la verdure, parce que ces végétaux fourniſſent de l'air pur, en abſorbant l'hydrogène de l'eau (640 & 817) qui ſert à la végétation, & laiſſant l'oxigène libre. En effet, ſi avec 72 parties de ce gas on mêle 28 parties d'air pur, on en fera un air ſem-

blable à celui de l'athmosphere, & respirable comme lui (645).

4. *Gas nitreux.*

691. Le gas nitreux a été découvert par *Hales*; mais M. *Priestley* a fait connoître la plupart de ses propriétés. Il n'existe point dans la Nature sans le secours de l'Art. Il est une des parties constituantes de l'acide nitreux; ou, pour mieux dire, il est lui-même de l'acide nitreux, mais privé de la plus grande partie de son oxigène, ce qui fait qu'il cesse d'être acide. Il est donc composé de la même base que celle de l'acide nitreux (qui est de l'azote (612), tenant dans l'état de gas peu d'oxigène) & combinée avec le calorique. Dans cet état il n'est point soluble dans l'eau: mais si on lui fournit de l'oxigène, en se combinant avec lui, il devient acide, & très-soluble dans l'eau.

692. Il est aisé de se convaincre que la base de l'acide nitreux est de l'azote tenant de l'oxigène, mais non pas jusqu'à saturation, qui en feroit de l'acide nitrique. Il est aisé de s'en convaincre, dis-je, & par l'analyse & par la synthese. 1°. Par l'analyse. On peut décomposer l'acide nitreux, & le réduire d'abord à l'état de gas nitreux en le faisant agir sur un métal, comme, par exemple, du cuivre, qui lui enleve

une grande partie de ſon oxigène. Après quoi on expoſe ce gas nitreux ſur du ſulfure alkalin, qui lui ôte ce qui lui reſte d'oxigène; & il ne reſte plus que du gas azotique. Donc, &c. 2°. Par la ſyntheſe. M. *Cawendish* a formé de l'acide nitreux, en expoſant à l'action des étincelles électriques un mélange de 7 parties d'air pur & de 3 parties de gas azotique. Donc la baſe du gas nitreux eſt de l'azote combiné avec un peu d'oxigène.

693. On dégage donc le gas nitreux de l'acide nitreux que l'on fait agir ſur des matieres combuſtibles. Ces matieres ſe combinent avec plus ou moins de ſon oxigène, tandis que ſa baſe ou l'azote, qui retient une partie de l'oxigène, ſe combinant avec le calorique, forme le gas nitreux.

694. On extrait donc ce gas de l'acide nitreux par le moyen du fer, du cuivre rouge, du cuivre jaune, de l'étain, de l'argent, du mercure, du biſmuth & du nickel; & même de l'acide nitrique, qui eſt dans l'acide nitro-muriatique, connu ſous le nom d'*eau régale*, par le moyen de l'or & de l'antimoine.

695. On l'extrait encore du même acide nitreux par le moyen de l'eſprit-de-vin, des éthers, des huiles, des réſines, des gommes, des charbons, du ſucre, &c.

696. Ses propriétés ſont les mêmes, de quelque

ſubſtance dont on ſe ſerve pour l'extraire. Mais c'eſt par le moyen des métaux qu'on en obtient le plus. Il y en a cependant quelques-uns par le moyen deſquels on n'extrait que du gas azotique, parce qu'ils s'emparent de tout l'oxigène de l'acide nitreux dont on fait uſage.

697. EXPÉRIENCE. Dans un flacon, dont le bouchon eſt traverſé par un tube recourbé (*fig.* 114.), mettez du petit fil de cuivre rouge roulé en ſpirales ſemblables aux reſſorts à boudin : rempliſſez enſuite ce flacon d'acide nitreux affoibli d'eau ; & après l'avoir bien bouché, engagez l'extrémité D du tube recourbé dans le trou oblong *c* ou *d* de la planche EF (*fig.* 112.), ſur lequel trou vous aurez placé une cloche pleine d'eau.

Fig. 114.

Fig. 112.

698. Il s'excitera dans le flacon une fermentation, accompagnée de chaleur ; & pendant que le cuivre ſe diſſoudra, il paſſera dans la cloche un fluide aériforme, qui eſt du gas nitreux.

699. On auroit le même effet avec un autre métal : mais il eſt bon de remplir le flacon d'acide ; car s'il y reſtoit de l'air, le gas, en ſe dégageant, ſe combineroit avec l'air pur : & cette combinaiſon, ſe diſſolvant dans la liqueur (709), occaſionneroit un vide qui permettroit à l'eau de la cuvette de paſſer, par le tube recourbé, dans le flacon.

700. Le gas nitreux eſt un peu plus peſant que

l'air athmoſphérique : ſa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 105 $\frac{1}{2}$ eſt à 100 : & à celle de l'eau diſtillée, comme 13,0179 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce fluide peſe 0,4860 de grain ; & le pied cube 1 once 3 gros 47,8080 grains.

701. Le gas nitreux bien pur n'eſt point du tout ſoluble dans l'eau, comme on peut s'en aſſurer, en le ſoumettant à la même épreuve que celle que nous avons indiquée ci-deſſus (683).

702. Le gas nitreux ne donne aucun ſigne d'acidité ; car il ne rougit point les couleurs bleues des végétaux, telle que la teinture de tourneſol, à moins qu'il ne ſoit mêlé d'air ; car alors il a pris de l'acidité (708).

703. Expérience. Si vous faites paſſer de cette teinture dans ce gas, la couleur n'en ſera pas changée.

704. Le gas nitreux éteint les corps enflammés ; mais ſi l'on y plonge une bougie allumée, il donne à la flamme une couleur verte avant de l'éteindre.

705. Il fait promptement périr les plantes & les animaux qu'on y plonge.

708. Lorſqu'on le mêle à l'air de l'athmoſphere, il devient rutilant, & a l'odeur de l'eſprit de nitre, comme il eſt aiſé de s'en aſſurer en en répandant un peu dans l'air. Alors il abſorbe

la partie reſpirable de l'air : il ſe combine avec elle, & devient l'acide nitreux.

709. EXPÉRIENCE. Dans le long tube de verre
Fig. 116. (*fig.* 116.), diviſé en meſures égales, mettez deux meſures d'air athmoſphérique, & enſuite une meſure de gas nitreux. Vous verrez ſur le champ le mélange devenir rutilant & s'échauffer : & comme cette combinaiſon, qui eſt vraiment de l'acide nitreux, eſt très-ſoluble dans l'eau, vous verrez l'eau remonter dans le tube, à meſure que le mélange s'y diſſoudra : de ſorte que de trois meſures il y en aura environ une & demie de diſſoute, ſi l'air eſt d'une bonne qualité. Ce qui demeure n'eſt plus que du gas azotique. La chaleur produite en cette occaſion eſt dûe au calorique de ces fluides, qui prend l'état de liberté.

710. EXPÉRIENCE. Si, au lieu d'air athmoſphérique, vous mêlez au gas nitreux de l'air pur, ſavoir, 2 meſures de gas & une meſure d'air pur, le mélange ſera preſque en entier diſſous dans l'eau.

711. On peut donc, par le moyen de ce gas, juger de la ſalubrité de l'air ; car il ne ſe combine qu'avec l'oxigène ou baſe de l'air pur, qui eſt la partie ſeule reſpirable de l'athmoſphere. On doit donc juger l'air ainſi éprouvé, d'autant plus propre à la reſpiration, qu'il y en a un plus

grand volume d'abſorbé. Mais comme le gas nitreux tient plus ou moins d'azote, cette épreuve n'eſt pas parfaitement exacte.

712. L'eau qui a diſſous ce mélange de gas nitreux & d'air pur, eſt de l'acide nitreux en liqueur, d'autant plus fort qu'il y a moins d'eau. 1°. Elle eſt acide ; car elle rougit les couleurs bleues des végétaux.

713. EXPÉRIENCE. Jetez un peu de cette eau dans la teinture de tourneſol déjà délayée d'eau : ſur le champ la couleur bleue eſt changée en rouge.

714. 2°. Ce mélange de gas nitreux & d'air pur eſt un acide nitreux ; car il s'unit aux alkalis, & forme avec eux des nitres détonnans.

715. EXPÉRIENCE. Au fond d'une cloche de verre (*fig.* 119.) attachez un petit nouet de gaze plein de carbonate ammoniacal concret ; poſez cette cloche ſur la planche EF (*fig.* 112.) de l'appareil pneumato-chimique à l'eau ; que la cloche ſoit aux deux tiers pleine d'air athmoſphérique, & l'autre tiers plein d'eau : faites enſuite paſſer du gas nitreux dans cette cloche. Le mélange deviendra d'abord rutilant ; effet de la combinaiſon de ce gas avec la partie reſpirable de l'air. Par cette combinaiſon, le gas eſt devenu acide nitreux. Enſuite vous verrez beaucoup de vapeurs blanches qui prouvent la combinaiſon de

Fig. 119.

Fig. 112.

cet acide avec le carbonate ammoniacal. Ces vapeurs ſe condenſent enſuite, & criſtalliſent. Ces criſtaux recueillis fuſeront ſur des charbons ardens; donc c'eſt du nitre.

716. Ces effets n'auront pas lieu, ſi vous mettez le carbonate ammoniacal dans le gas nitreux ſeul, parce qu'il n'eſt point acide.

5. *Gas muriatique oxigéné.*

717. Le gas muriatique oxigéné, qui eſt l'acide muriatique déphlogiſtiqué de *Scheele*, ſous la forme gaſeuſe, eſt le *gas acide muriatique*, dont nous parlerons ci-après (767), mais ſurchargé d'oxigène, & déflegmé (613).

718. On l'obtient en faiſant chauffer & évaporer de l'acide muriatique, pendant qu'il agit ſur une ſubſtance qui tient l'oxigène, comme, par exemple, l'oxide natif de Manganèſe.

719. EXPÉRIENCE. Dans une petite cornue de
Fig. 115. verre O M (*fig.* 115.), mettez une ou deux onces d'oxide natif de Manganèſe : verſez deſſus trois ou quatre onces d'acide muriatique : faites chauffer la cornue ſur un petit réchaud; & lorſque vous jugerez que tout l'air de la cornue ſera ſorti, vous engagerez ſon bec ſous une cloche pleine de mercure, ou même d'eau (car quoique ce gas ſoit ſoluble dans l'eau, il ne s'y diſſout que très-peu, & l'eau en eſt promptement ſaturée : alors

le gas excédant à la ſaturation de l'eau, paſſe à la partie ſupérieure de la cloche, en faiſant baiſſer l'eau). Il s'excite donc une vive fermentation dans la cornue, pendant laquelle l'acide muriatique paſſe en gas, mais ſurchargé d'oxigène, qu'il enleve à l'oxide de Manganèſe, parce qu'il a avec lui une très-grande affinité.

720. Ce gas eſt donc compoſé du gas acide muriatique & d'un excès d'oxigène. C'eſt cet oxigène en excès qui, quoiqu'il ſoit le principe acidifiant, lui ôte preſque toute ſon acidité, & le rend moins ſoluble dans l'eau. Ceci eſt une choſe difficile à expliquer. Nous avons vu (712 *& ſuiv.*) qu'un excès d'oxigène, ajouté au gas nitreux, y produit un effet contraire : car il lui donne l'acidité qu'il n'avoit pas; & il le rend tout-à-fait ſoluble dans l'eau. Il feroit difficile de dire d'où viennent ces deux effets oppoſés; mais ce ſont des faits bien conſtatés que nous devons adopter, quoique nous en ignorions la cauſe.

721. La preuve que le gas muriatique oxigéné n'eſt point acide, ou qu'il l'eſt du moins très-peu, c'eſt qu'il ne ſe combine point ou preſque point avec les alkalis, & qu'il n'a pas la force de chaſſer l'acide carbonique des différentes baſes avec leſquelles il eſt combiné : ce que peuvent cependant faire tous les acides que nous connoiſſons, quelque foibles qu'ils ſoient.

722. Le gas muriatique oxigéné n'eſt pas inviſible, comme le ſont les autres gas; car il eſt d'un jaune verdâtre, qui le fait bien appercevoir. Il a une odeur forte & piquante, & qu'il eſt dangereux de reſpirer, parce qu'il excite une toux violente, & pourroit cauſer une hémorragie.

723. Ce gas éteint les corps enflammés, & fait périr très-promptement les animaux qu'on y plonge.

724. Nous venons de dire (720 & 721) que le gas muriatique oxigéné n'eſt plus acide: en effet il ne rougit pas les couleurs bleues des végétaux, comme il l'eût fait, s'il n'eût pas été ſurchargé d'oxigène.

725. Expérience. Dans un tube plein de ce gas, faites paſſer un peu de teinture de tourneſol: la couleur n'en ſera point changée en rouge, mais elle ſera entiérement effacée.

726. Car le gas muriatique oxigéné décolore les étoffes teintes, le ſirop de violettes, les fleurs, &c. & réduit tous ces corps au blanc.

727. Expérience. Dans une cloche de verre pleine de ce gas, & placée ſur l'appareil, ou à l'eau, ou au mercure, faites paſſer un petit bouquet de fleurs de violettes: elles ſeront décolorées ſur le champ. Cet effet eſt ſi prompt, ſur-tout lorſqu'on ſe ſert de l'appareil au mercure, qu'il ſemble qu'on ait eſcamoté le bouquet

de fleurs bleues, & qu'on en ait ſubſtitué un de fleurs blanches. Avec l'appareil à l'eau, l'effet n'eſt pas ſi prompt, parce que l'adhérence de l'eau aux pétales de la fleur retarde un peu le contact immédiat du gas ſur eux.

728. Ce gas décolore de même & blanchit la toile, la cire jaune, la ſoie, &c. C'eſt par le moyen de ſon excès d'oxigène qu'il produit ces effets : & en perdant cet excès d'oxigène, il redevient gas acide muriatique ſimple, qui eſt alors tout-à-fait ſoluble dans l'eau.

729. Le gas muriatique oxigéné a la propriété de décompoſer l'ammoniaque, lequel peut par conſéquent ſervir pour ſe préſerver des effets nuiſibles de ce gas, dont nous avons parlé ci-deſſus (722). Car ſon oxigène excédant ſe combine avec l'hydrogène de l'ammoniaque, & forme de l'eau : & la mofete ou l'azote ſe trouve libre. Nous avons dit ci-devant (639) que l'ammoniaque eſt compoſé d'une partie d'hydrogène & de ſix parties d'azote, le tout diſſous dans l'eau.

730. Le gas muriatique oxigéné n'eſt pas auſſi ſoluble dans l'eau que l'eſt le gas acide muriatique ſimple (lequel ne peut en aucune façon être recueilli ſous l'eau) : il y eſt cependant ſoluble juſqu'à un certain point (719), & forme alors l'acide muriatique oxigéné en liqueur ; qui

eſt le vrai diſſolvant de l'or, du platine, &c.

731. EXPÉRIENCE. Dans de l'acide muriatique oxigéné, c'eſt-à-dire, dans de l'eau qu'on a ſaturée de gas muriatique oxigéné, mettez quelques feuilles d'or battu : elles y feront promptement diſſoutes.

732. Dans l'acide nitro-muriatique ou eau régale, c'eſt le même agent qui diſſout l'or. Car l'eau régale eſt un mélange d'acide muriatique & d'acide nitrique (636). Dans ce mélange, l'acide muriatique (dont la baſe a une grande affinité avec l'oxigène) ſe combine avec l'oxigène de l'acide nitrique, & devient par-là l'acide muriatique oxigéné; & la baſe de l'acide nitrique demeure libre : de ſorte que dans cette liqueur il ne reſte peut-être plus rien d'acide. L'acide nitrique a perdu ſon acidité, en perdant ſon oxigène; & l'acide muriatique a perdu la ſienne, en ſe combinant avec l'oxigène de l'acide nitrique : deux faits qui, comme nous l'avons dit ci-deſſus (720), ſont difficiles à expliquer.

733. L'acide muriatique oxigéné ſe décompoſe peu à peu par le contact de la lumiere, qui en dégage l'oxigène excédant; & par-là il repaſſe à l'état d'acide muriatique pur : & cet oxigène excédant ainſi dégagé, ſe combinant avec le calorique, forme de l'air pur.

ORDRE II.

Gas salins.

734. Ce sont ceux qui sont ou acides ou alkalins (603). Parmi ceux-ci, il n'y en a qu'un qui se trouve naturellement, qui est le gas acide carbonique : tous les autres ne sont que le produit de l'Art.

6. *Gas acide carbonique.*

735. Le gas acide carbonique est, de tous les gas, le plus anciennement connu. *Paracelse* & les Anciens le nommoient *esprit sauvage*, *spiritus sylvestris*. *Vanhelmont* l'appela ensuite *gas sauvage*, *gas sylvestre*. Il fut après cela nommé *air fixe* par *Black*, *Boyle*, *Hales*, *Priestley*, *Lavoisier*, &c. ; *acide méphitique*, par *Bewly* ; *gas méphitique*, par *Macquer* ; *acide aérien*, par *Bergman*. Enfin M. *Lavoisier* l'a appelé *gas acide craieux* ; & en dernier lieu, *gas acide carbonique*, parce qu'il est composé d'oxigène combiné avec une matiere charbonneuse, qu'il tient en dissolution (614), & dans la proportion d'environ 72 parties d'oxigène, & 28 parties de matiere charbonneuse, appelée *carbone* par les Modernes.

736. En effet, si, dans un vaisseau fermé, l'on fait brûler du charbon dans l'air pur, ce qui demeure après la combustion, est du gas acide carbonique.

737. EXPÉRIENCE. Dans une cloche de verre pleine d'air pur, & placée ſur l'appareil pneumato-chimique au mercure, mettez, dans un petit vaſe, une quantité déterminée de charbon, privé de gas hydrogène par une calcination préliminaire dans des vaiſſeaux fermés; qu'il y ait ſur le charbon un quart de grain d'amadou, recouvert d'un atome de phoſphore. Allumez le phoſphore avec un fer rouge recourbé, que vous ferez paſſer à travers le mercure. Le phoſphore mettra le feu à l'amadou : l'amadou le mettra au charbon; l'inflammation ſera très-rapide, & accompagnée de beaucoup de lumiere. Alors il ſe trouvera dans la cloche du gas acide carbonique, dont le poids ſera égal au poids de l'air pur employé, plus au poids qu'aura perdu le charbon. Car ſi, ſous cette cloche, vous introduiſez un poids connu d'alkali cauſtique en liqueur, il abſorbera le gas acide carbonique formé dans cette combuſtion; & il ſera augmenté de poids d'une quantité égale aux poids dont nous venons de parler.

738. Dans cette opération, l'oxigène, dont la combinaiſon avec le calorique formoit l'air pur, ſe combine avec le carbone (1) & une portion

---

(1) Le charbon ordinaire eſt compoſé d'une baſe terreuſe & d'une ſubſtance charbonneuſe que les Chi-

du

du calorique, & forme le gas acide carbonique; tandis que le reste du calorique, autre principe de l'air pur, se dégage avec chaleur & lumiere, en prenant l'état de liberté. Car le gas acide carbonique, pour avoir la forme gaseuse, n'a pas besoin d'une aussi grande quantité de calorique qu'en exige l'air pur.

739. Le gas acide carbonique se trouve naturellement dans plusieurs souterreins, comme, par exemple, la grotte du Chien en Italie, dans les galeries des mines, dans différentes sources d'eau : c'est ce gas qui rend ces eaux spiritueuses & acidules. Telles sont les eaux de Pyrmont, de Saint-Mion, de Seltz, de Pougues, de Châteldon, de Bussang, de Spa, &c.

740. Ce gas est fourni abondamment, 1°. par les liqueurs spiritueuses fermentantes, tels que le vin, la biere, &c. Sa formation est due alors à la combinaison de la matiere charbonneuse de la partie sucrée, avec le principe oxigène de l'eau. 2°. Par la respiration des animaux, dans laquelle l'oxigène de l'air, fournissant une partie de son calorique pour l'entretien de la vie (662),

---

mistes modernes ont appelée *carbone*. Ce carbone seul est dissoluble dans certains gas; & la base terreuse est ce qui forme la cendre, après la combustion du charbon.

ſe combine avec une matiere charbonneuſe, qui, ſelon les Chimiſtes modernes, ſe dégage du ſang & des poumons. 3°. Par la combuſtion des corps, dans laquelle une partie de l'oxigène de l'air ſe combine avec la matiere charbonneuſe du corps qui brûle.

741. La baſe du gas acide carbonique eſt combinée dans un grand nombre de corps naturels, tels que le carbonate calcaire, le marbre, toutes les pierres à chaux, les carbonates alkalins, &, en général, dans toutes les matieres qui font effervefcence avec les acides. Il eſt aiſé de l'extraire de ces ſubſtances, en faiſant agir ſur elles de l'acide nitrique ou de l'acide ſulfurique affoibli d'eau. Car cet acide carbonique a ſi peu d'affinité avec ſes baſes, qu'il en eſt chaſſé par tout autre acide, & même quelquefois par la chaleur ſeule.

742. EXPÉRIENCE. Dans un flacon garni d'un
Fig. 114. tube recourbé (*fig.* 114.), mettez du carbonate calcaire ou alkalin, &c. verſez par-deſſus de l'acide nitrique, ou de l'acide ſulfurique affoibli avec de l'eau. Engagez l'extremité D du tube recourbé dans le trou oblong *c* ou *d* de la planche E F de l'appareil pneumato-chimique à l'eau
Fig. 112. (*fig.* 112.), ſur lequel trou vous aurez placé une cloche pleine d'eau. Il s'excitera dans le flacon une fermentation, pendant laquelle il ſe dégagera

& paſſera dans la cloche un fluide aériforme, qui eſt du gas acide carbonique.

743. Ce gas eſt ſoluble dans l'eau, mais lentement. Si l'on veut que cela ſe faſſe plus promptement, il faut agiter fortement ces deux fluides enſemble pour multiplier leurs contacts.

744. EXPÉRIENCE. Dans le grand tube gradué (*fig.* 116.), mettez trois ou quatre meſures de ce gas, & l'agitez fortement dans l'eau de la cuvette, l'ouverture du tube toujours en en-bas. Vous verrez, par l'aſcenſion de l'eau dans le tube, qu'il y en aura une grande partie de diſſoute dans l'eau. *Fig.* 116.

745. L'eau diſſout de ce gas plus ou moins, ſuivant ſon degré de chaleur, ou plutôt ſuivant ſon degré de refroidiſſement : plus elle eſt froide, plus elle en diſſout ; mais même dans ce cas-là elle n'en peut diſſoudre qu'un volume environ égal au ſien.

746. L'eau qui tient ce gas en diſſolution, prend un goût acidule, & a les mêmes propriétés que les eaux minérales ſimplement gaſeuſes.

747. EXPÉRIENCE. Rempliſſez d'eau propre la caraffe ronde (*fig.* 120.) : placez-la, le goulot en en-bas, ſur la planche EF de l'appareil pneumato-chimique à l'eau (*fig.* 112.) : faites-y paſſer du gas acide carbonique, aſſez pour en remplir *Fig.* 120. *Fig.* 112.

environ la moitié de ſa capacité : bouchez-la bien avant de ſortir ſon goulot de l'eau ; enſuite agitez le tout fortement. Le gas ſe diſſoudra dans l'eau ; & l'eau prendra le goût acidule, comme vous pourrez vous en aſſurer en en goûtant.

748. Cette eau eſt devenue vraiment acide ; car elle rougit la teinture de tourneſol.

749. Expérience. Verſez de cette eau ſur un peu de teinture de tourneſol ; ſa couleur bleue ſera changée en rouge clair.

750. Cet acide, ſous la forme gaſeuſe, produit le même effet.

751. Expérience. Dans un tube plein de ce gas, verſez un peu de teinture de tourneſol délayée d'eau : ſa couleur bleue ſera changée en rouge clair.

752. Ce gas & l'eau qui le tient en diſſolution, précipitent la chaux diſſoute dans l'eau. Car ſi, dans un tube plein de ce gas, vous verſez un peu d'eau de chaux, vous verrez l'eau devenir laiteuſe, & la chaux ſe précipiter. Vous verrez le même effet, ſi, ſur de l'eau de chaux, vous verſez de l'eau acidulée par ce gas.

753. De la chaux combinée avec ce gas, forme du carbonate calcaire vulgairement appelé de la *craie*, qui n'eſt pas ſoluble dans l'eau ; voilà pourquoi elle ſe précipite. L'eau de chaux eſt donc une pierre de touche propre à faire

reconnoître la nature & la quantité de ce gas acide.

754. La chaux eſt précipitée de même par le fluide que les animaux expirent.

755. Expérience. Dans un verre en partie rempli d'eau de chaux, ſoufflez avec un tube, de maniere à faire paſſer le fluide que vous expirez à travers l'eau de chaux : vous verrez la chaux ſe précipiter.

756. Le gas acide carbonique s'eſt donc formé dans la poitrine, comme nous l'avons dit ci-deſſus (662), par la combinaiſon de l'oxigène de l'air pur avec la matiere charbonneuſe qui ſe dégage du ſang : & une partie du calorique, autre principe de l'air pur, demeure dans le corps de l'animal, pour en entretenir la vie ; tandis que le gas acide carbonique & le gas azotique (673) ſont expirés.

757. Le gas acide carbonique ſe combine avec les alkalis, & les fait criſtalliſer.

758. Expérience. Dans un bocal à bords recourbés plein de ce gas, mettez un peu d'alkali pur & cauſtique en liqueur : bouchez promptement l'orifice de ce vaſe avec de la veſſie mouillée ; &, en tournant ce vaſe, étendez bien l'alkali ſur ſes parois. Il y aura diminution de volume, due à l'abſorption du gas par l'alkali ; ce que prouvera l'enfoncement de la veſſie : il s'ex-

citera de la chaleur pendant la combinaison; laquelle chaleur est causée par le calorique qui prend l'état de liberté : & peu de temps après, on apperçoit, sur les parois du bocal, des cristaux, qui deviennent de plus en plus gros.

759. Le gas acide carbonique est plus pesant que l'air athmosphérique. Sa pesanteur spécifique est à celle de l'air, comme 151 est à 100 : & à celle de l'eau distillée, comme 18,6161 est à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas pese 0,6950 de grain; & le pied cube 2 onces 0 gros 48,9600 grains.

760. Il est aisé de faire voir l'excès de la pesanteur de ce fluide sur celle de l'air. Si, dans un vase plein d'huile, vous versiez de l'eau, qu'arriveroit-il? Le vase, déjà plein d'huile, ne pourroit pas contenir les deux fluides : l'un des deux seroit contraint de s'extravaser. L'eau, comme la plus pesante, se porteroit au fond du vase, & l'huile, comme la plus légere, s'extravaseroit. Vous ferez de même extravaser de l'air, en versant dessus du gas acide carbonique, qui est plus pesant.

761. EXPÉRIENCE. Prenez donc deux vases, à peu près de même capacité : que le vase A, par exemple, soit plein d'air, & le vase B plein de ce gas. Versez le gas sur l'air : le vase A, auparavant plein d'air, se trouvera plein de gas; l'air se sera extravasé.

762. Vous aurez de ce fait la preuve suivante, le gas acide carbonique éteint les corps embrasés, & suffoque les animaux.

763. Expérience. Plongez donc dans le vase A, ou une bougie allumée, ou un animal vivant. La bougie sera éteinte, comme si on la plongeoit dans l'eau ; & l'animal sera promptement suffoqué, tandis que ni l'un ni l'autre ne seroit arrivé, si le vase A étoit demeuré plein d'air.

764. Les êtres vivans qui périssent le plus promptement dans ce gas, sont ceux qui ont deux ventricules au cœur : tels sont les hommes, les quadrupedes, les cétacées & les oiseaux : quelques minutes suffisent pour les faire périr sans retour. Mais les grenouilles, les serpens, les poissons, les insectes, &c. à la vérité, y paroissent morts, après y être demeurés plongés pendant quelque temps ; mais, si après cela on les expose à l'air libre, ils sont rappelés à la vie. J'ai tenu des poissons plongés dans ce gas pendant plus d'une demi-heure : ils y paroissoient absolument sans vie. Je les ai ensuite exposés à l'air libre ; ils s'y sont ranimés ; ils n'étoient qu'asphixiés. Mais ils se sont rétablis beaucoup plus promptement, lorsque je les ai plongés dans l'eau : au bout de deux minutes, ils étoient aussi vifs qu'avant d'être plongés dans le gas. Sans doute que l'eau absorbe ce gas (743) qui les suffoque, & les met en état

de recevoir de l'air. Si les hommes pouvoient être plongés dans l'eau ſans être ſuffoqués, ce ſeroit peut-être le moyen le plus prompt de les guérir de l'aſphixie.

765. Pluſieurs Phyſiciens prétendent que le gas acide carbonique a la propriété de conſerver les ſubſtances animales & de retarder leur putréfaction; ce que je n'ai pas de peine à croire, parce que je penſe que la préſence de l'air pur (647), ou du moins d'une ſubſtance capable de fournir de l'oxigène, telle que l'eau (640), par exemple, eſt néceſſaire à la putréfaction; car les corps ne ſe pourriſſent qu'en ſe combinant avec l'oxigène. Quelques-uns ont même cru que ce gas eſt capable de rétablir les matieres déjà putréfiées, ou du moins qui ont commencé à ſe putréfier; ce que je crois difficilement.

766. Comme la reſpiration des animaux & la combuſtion des corps uſent continuellement de l'air pur, & font paſſer à ſa place, dans l'athmoſphere, du gas acide carbonique, le fluide que nous reſpirons deviendroit bientôt infect & mortel, ſi rien ne le rétabliſſoit. Mais l'eau, dont la plus grande partie de la ſurface de notre globe eſt couverte, abſorbe une grande partie de ce gas, & la végétation de la verdure en décompoſe une autre partie : car le tiſſu végétal abſorbe le carbone; & l'oxigène demeuré libre,

ſe combinant avec la matiere de la chaleur ou le calorique, forme de l'air pur. De plus une partie de l'eau, qui ſert à la végétation, ſe décompoſe; l'hydrogène eſt abſorbé par la plante; & l'oxigène demeure libre (654).

7. *Gas acide muriatique.*

767. Le gas acide muriatique ne ſe trouve point naturellement; il n'eſt que le produit de l'Art. On l'obtient en chauffant l'acide muriatique fumant dans une cornue O M (*fig.* 115.), dont le bec eſt engagé ſous une cloche pleine de mercure, placée ſur la planche de l'appareil pneumato-chimique au mercure. On peut l'obtenir auſſi, avec le même appareil, en chauffant, au lieu d'acide muriatique, un mélange de muriate de ſoude ou ſel marin, & d'acide ſulfurique. Car l'acide ſulfurique ſe combine avec la baſe du muriate de ſoude, & l'acide muriatique, demeuré libre, paſſe en gas acide muriatique. *Fig.* 115.

768. Ce gas ne peut point être recueilli ſur l'eau, parce qu'il y eſt entiérement & très-promptement ſoluble.

769. Expérience. Dans la cloche pleine de mercure, dans laquelle vous aurez recueilli ce gas, faites paſſer un peu d'eau, qui, par ſa légéreté reſpective, ſe portera à la ſurface du mercure; ſur le champ le gas ſera entiérement

abſorbé & diſſous dans l'eau ; le mercure remontera juſque vers le haut de la cloche ; & la liqueur qui ſe trouvera au deſſus du mercure, ſera de véritable acide muriatique, d'autant plus concentré qu'il y aura plus de gas & moins d'eau.

770. Le gas acide muriatique n'eſt donc autre choſe que l'acide muriatique lui-même privé d'eau (615), c'eſt-à-dire, auſſi concentré qu'il puiſſe l'être, & combiné avec le calorique qui lui fait prendre la forme gaſeuſe.

771. Le gas acide muriatique a une odeur vive & piquante.

772. Ce gas, mêlé à l'air de l'athmoſphere, forme, de même que le fait l'acide muriatique, des fumées ou vapeurs blanches, produites par la combinaiſon de ce gas avec l'humidité de l'air, & d'autant plus apparentes que l'air eſt plus humide. Auſſi prétend-on que ces vapeurs ne ſont pas ſenſibles ſur les hautes montagnes, où l'air eſt, dit-on, très-ſec.

773. La baſe du gas acide muriatique eſt fortement combinée avec l'oxigène, avec lequel elle a une ſi grande affinité, qu'on ne peut pas l'en ſéparer. Auſſi ignore-t-on ce que c'eſt que cette baſe : elle eſt juſqu'à préſent inconnue. Son affinité avec ce principe acidifiant eſt telle, qu'elle peut même ſe combiner avec une plus grande quantité d'oxigène que celle qui lui eſt néceſſaire

pour la conſtituer acide, & elle forme alors le gas muriatique oxigéné, dont nous avons parlé ci-deſſus (717 *& ſuiv.*).

774. Le gas acide muriatique eſt beaucoup plus peſant que l'air athmoſphérique. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 173 $\frac{1}{4}$ eſt à 100; & à celle de l'eau diſtillée, comme 21,3482 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,7970 de grain; & le pied cube 2 onces 3 gros 9,2160 grains.

775. Le gas acide muriatique, étant l'acide muriatique lui-même, donne les mêmes ſignes d'acidité. Il rougit les couleurs bleues des végétaux; mais il ne les détruit pas, non plus que les autres couleurs, comme le fait le gas muriatique oxigéné (726).

776. Il ſe combine avec toutes les baſes alkalines, & forme avec elles des ſels muriatiques.

777. EXPÉRIENCE. Si, dans une cloche pleine de mercure, vous faites paſſer du gas acide muriatique, & qu'enſuite vous y mêliez du gas ammoniacal, dont nous parlerons ci-après (804); le mélange s'échauffe beaucoup, parce que ces deux fluides élaſtiques, en ſe pénétrant mutuellement, perdent le calorique qui les tenoit ſous la forme gaſeuſe, & que cette matiere, devenue libre, ſe fait ſentir : il ſe forme ſur le champ un nuage blanc, preuve de leur pénétration mutuelle :

le mercure remonte dans la cloche, & bientôt ses parois intérieures se trouvent tapissées de cristaux ramifiés qui sont un vrai muriate d'ammoniaque.

778. En effet, le gas acide muriatique n'est que de l'acide muriatique (770) ; le gas ammoniacal n'est que de l'ammoniaque (806) : & l'on sait que la combinaison de ces deux substances forme le muriate d'ammoniaque.

779. Le gas acide muriatique suffoque les animaux qu'on y plonge. Il éteint la flamme des bougies, mais en l'agrandissant d'abord, & en donnant à son disque une couleur verte ou bleuâtre.

780. Le gas acide muriatique est absorbé par les corps spongieux ; tels que du charbon, une éponge, &c.

781. Le gas acide muriatique dissout le camphre.

782. Il s'empare de l'eau surabondante du sulfate d'alumine & du borate, & les réduit en poudre.

783. Il fait fondre la glace aussi promptement que si on la jetoit dans un brasier.

784. Dans tous ces cas, il est absorbé, & forme un acide muriatique pareil à celui dont on l'a extrait.

785. Tout ceci n'est que l'effet très-connu de

la grande violence avec laquelle les acides concentrés s'unissent à l'eau.

8. *Gas acide sulfureux.*

786. Le gas acide sulfureux ne se trouve point naturellement ; il n'est que le produit de l'Art. On l'obtient, en chauffant, dans une cornue O M (*fig.* 115.) (de même que nous avons dit (767) qu'on le fait pour obtenir le gas acide muriatique), de l'acide sulfurique pendant qu'il agit sur des corps combustibles, tels que de l'huile, du charbon, du mercure, &c. en un mot, sur des corps qui puissent enlever une partie de l'oxigène qui est combiné avec le soufre dans cet acide : car l'acide sulfureux n'est autre chose que l'acide sulfurique, mais privé d'une partie de son oxigène (629). C'est donc du soufre combiné avec une quantité d'oxigène moindre que celle qui est nécessaire pour en faire de l'acide sulfurique. Le corps combustible enleve donc une partie de son oxigène à l'acide sulfurique, qui devient par-là acide sulfureux : & le calorique se combinant avec cet acide sulfureux, lui fait prendre la forme gaseuse. *Fig.* 115.

787. Tout cela doit se faire avec l'appareil au mercure, parce que le gas acide sulfureux est entiérement soluble dans l'eau. L'acide sulfurique n'est pas capable de passer à la forme gaseuse ;

il faut pour cela qu'il ſoit devenu acide ſulfureux.

788. EXPÉRIENCE. Qu'on mette donc dans une cornue de l'acide ſulfurique ſur du mercure, & qu'on le chauffe, le bec de la cornue étant engagé ſous une cloche pleine de mercure : 1°. le mercure de la cornue ſe combine avec une partie de l'oxigène de l'acide ſulfurique, &, par cette combinaiſon, ſe calcine en poudre blanche. Pendant ce temps-là, l'acide ſulfurique, en perdant une partie de ſon oxigène, devient acide ſulfureux, & paſſe ſous la forme gaſeuſe, en ſe combinant avec le calorique. 2°. Cette opération étant finie, ſi l'on continue de chauffer, & qu'on ſubſtitue une autre cloche, il paſſe un autre fluide élaſtique, qui eſt de l'air pur ou gas oxigène : & pendant ce temps-là, le mercure qui avoit été calciné redevient du mercure coulant. On voit bien que, dans cette ſeconde opération, l'oxigène, qui, en ſe combinant avec le mercure, l'avoit d'abord calciné, s'échappe enſuite par la chaleur, ſe combine avec le calorique, & forme l'air pur : voilà donc, dans cette ſeule expérience, un métal, 1°. calciné, 2°. revivifié. Le mercure n'étant donc point altéré, il eſt clair que les deux fluides élaſtiques que l'on obtient ſont dus à l'acide ſulfurique, qui eſt décompoſé.

789. Le gas acide ſulfureux n'eſt donc autre

chose que l'acide sulfureux lui-même, privé d'eau (616) & très-concentré, combiné avec le calorique, qui lui fait prendre la forme gaseuse. C'est ce gas acide que l'on sent, quand on fait brûler du soufre.

790. Le gas acide sulfureux est plus de deux fois aussi pesant que l'air athmosphérique. Sa pesanteur spécifique est à celle de l'air, comme 206 est à 100 ; & à celle de l'eau distillée, comme 25,3929 est à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas pese 0,9480 de grain ; & le pied cube 2 onces 6 gros 54,1440 grains.

791. Le gas acide sulfureux éteint les corps embrasés, & tue les animaux qu'on y plonge.

792. Il détruit beaucoup de couleurs végétales; par ce caractere, il se rapproche du gas muriatique oxigéné, dont nous avons parlé ci-dessus (717 *& suiv.*).

793. Il se combine avec les alkalis, & forme avec eux des sels neutres, mais qui different de ceux qui sont formés par l'acide sulfurique, par la forme, la saveur, & sur-tout par la propriété d'être décomposés par les acides les plus foibles, & même par l'acide acéteux.

794. Ce gas est entiérement soluble dans l'eau, avec laquelle il s'unit promptement en perdant son calorique, & il redevient par-là l'acide sulfureux en liqueur. Aussi fait-il fondre la glace

auſſi promptement que le fait le gas acide muriatique (783).

9. *Gas acide fluorique.*

795. Le gas acide fluorique ne ſe trouve point naturellement ; on ne peut ſe le procurer que par le ſecours de l'Art. On l'obtient, en chauffant, dans une cornue O M (*fig.* 115.) (de même que nous avons dit (767) qu'on le fait pour obtenir le gas acide muriatique), de l'acide ſulfurique, pendant qu'il agit ſur du ſpath fluor pulvériſé. Alors l'acide ſulfurique, en ſe combinant avec la baſe du ſpath fluor (qui eſt calcaire) (799), en dégage un autre acide, qui, en ſe combinant avec le calorique, paſſe ſous la forme d'un fluide élaſtique, qui eſt le gas acide fluorique, ci-devant connu ſous le nom de *gas acide ſpathique.* *Fig.* 115.

796. Il faut recueillir ce gas ſur le mercure, parce qu'il eſt tout-à-fait ſoluble dans l'eau, & que ſa ſolution y eſt même très-prompte.

797. EXPÉRIENCE. Si, dans la cloche dans laquelle on a recueilli ce gas, on fait paſſer un peu d'eau au deſſus de la ſurface du mercure, le gas s'y diſſout ſur le champ, & avec chaleur ; & le mercure remonte dans la cloche. Mais cette diſſolution du gas dans l'eau eſt communément accompagnée d'un phénomene très-ſingulier ; c'eſt la

la précipitation ou dépoſition d'une terre blanche très-fine, qui eſt quartzeuſe ou ſiliceuſe.

798. Le gas acide fluorique n'eſt donc autre choſe, comme l'a penſé *Scheele*, qu'un acide particulier extrait du ſpath fluor (617), dont on ne connoît pas la baſe (630), & qui eſt combiné avec le calorique qui lui fait prendre la forme gaſeuſe. Cet acide tient ſouvent en diſſolution une terre vitrifiable, & il en tient une plus grande quantité ſous la forme gaſeuſe, que lorſqu'il eſt en liqueur, puiſque, lorſqu'on le fait paſſer de l'état de gas à celui de liqueur, il en dépoſe une partie.

799. Cette matiere terreuſe ne vient point du ſpath, comme l'a cru *Prieſtley* : car la baſe du ſpath fluor paroît être calcaire. La preuve de cela, c'eſt que le gas acide fluorique précipite la chaux diſſoute dans l'eau ; &, en ſe combinant avec cette chaux, il réforme ſur le champ du ſpath fluor. Cette terre vitrifiable vient plutôt des vaſes de verre ou de terre dont on ſe ſert pour extraire ce gas ; car celui qui eſt extrait dans des vaſes de métal, comme l'a fait *Meyer*, ne tient point de terre en diſſolution. D'après cela, on ne doit pas être étonné que le gas acide fluorique corrode & perce le verre, ce qui obligeoit *Prieſtley* de prendre, pour ſes expériences, des bouteilles de verre très-épais. En conſéquence

de cette propriété, de corroder le verre, M. *de Puymorin* a imaginé de graver sur le verre par le moyen de l'acide fluorique, comme on grave sur le cuivre par le moyen de l'acide nitreux.

800. Le gas acide fluorique paroît être plus pesant que l'air athmosphérique. Je n'en connois pas encore exactement la pesanteur spécifique.

801. Ce gas éteint les corps embrasés, & suffoque les animaux qu'on y plonge.

802. Il rougit fortement les couleurs bleues des végétaux.

803. Il y a une odeur forte & pénétrante qui approche de celle du gas acide muriatique (771), mais qui est un peu plus active. Lorsqu'on en mêle à l'air, il forme, de même que ce dernier gas (772), des vapeurs blanches, en se combinant avec l'humidité de l'air. Malgré ces ressemblances avec l'acide muriatique, il en differe cependant beaucoup; car il forme avec les alkalis des sels neutres fluoriques très-différens de ceux que forme le gas acide muriatique avec les mêmes alkalis. C'est donc à tort que les Chimistes François qui, sous le nom de M. *Boullanger*, ont publié, en 1773, une suite d'expériences sur le spath fluor, ont pensé que l'acide de ce spath n'étoit que l'acide muriatique, combiné avec une matiere terreuse.

10. *Gas ammoniacal.*

804. Le gas ammoniacal ne ſe rencontre point naturellement ; il ne peut être produit que par le ſecours de l'Art. Pour obtenir ce gas, on met dans une cornue O M (*fig.* 115.), garnie d'un tube recourbé M N, une certaine quantité d'ammoniaque : on chauffe le fond de la cornue avec quelques charbons allumés, ou avec une lampe à l'eſprit-de-vin : on laiſſe ſortir d'abord l'air du vaiſſeau & du tube, & on ne recueille le gas, dans des cloches pleines de mercure, que quand l'ébullition du liquide eſt bien établie. Pour éviter de faire paſſer, dans la cloche, de l'eau en vapeur, qui s'y condenſeroit & diſſolveroit le gas, il eſt bon de mettre, entre la cornue & le tube de communication, un petit vaſe, qu'on a ſoin de refroidir avec de la glace, afin d'y faire condenſer l'eau qui pourroit paſſer en vapeur. Par ce moyen, on ſe procure du gas ammoniacal très-ſec & très-pur. On peut, de la même maniere, obtenir le gas ammoniacal d'un mélange de trois parties de chaux vive & d'une partie de muriate d'ammoniaque. Ce ſel ſe décompoſe alors : l'acide muriatique, qui eſt un de ſes principes, ſe combine avec la chaux ; & l'ammoniaque, ſon autre principe, en ſe combinant avec le calorique, paſſe ſous la forme gaſeuſe. *Fig.* 115.

805. On ne pourroit pas recueillir le gas ammoniacal avec l'appareil à l'eau, parce que l'eau abſorbe très-promptement ce gas en le diſſolvant, & cette diſſolution de ce gas dans l'eau eſt de l'ammoniaque.

806. Le gas ammoniacal n'eſt donc autre choſe que de l'ammoniaque privé d'eau (618), & dans l'état de la plus parfaite concentration, combiné avec le calorique qui lui fait prendre la forme gaſeuſe.

807. Mais ce gas ammoniacal ſi pur eſt lui-même composé d'une partie de gas hydrogène, dont nous allons parler dans l'inſtant (815 & *ſuiv.*), & de ſix parties de gas azotique (673). En voici la preuve, fournie par M. *Bertholet* de l'Académie des Sciences.

808. Expérience. Dans une cloche pleine de mercure, mêlez enſemble du gas ammoniacal & du gas muriatique oxigéné (717). Le gas ammoniacal ſera promptement décompoſé : l'excès d'oxigène du gas muriatique ſe combinera avec l'hydrogène, baſe du gas hydrogène, l'une des parties conſtituantes du gas ammoniacal, & formera de l'eau : le gas muriatique, en perdant ſon excès d'oxigène, ſera devenu acide muriatique qui ſe diſſolvera dans cette eau : & il reſte un fluide aériforme, qui eſt du gas azotique, autre partie conſtituante du gas ammoniacal. Le

tout eſt accompagné de chaleur, qui eſt due à l'état de liberté que prend le calorique qui étoit combiné avec le gas hydrogène & avec le gas muriatique oxigéné.

809. Le gas ammoniacal eſt le plus léger de tous les gas ſalins, & même beaucoup plus léger que l'air athmoſphérique. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 53 eſt à 100; & à celle de l'eau diſtillée, comme 6,5357 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,2440 de grain, & le pied cube 5 gros 61,6320 grains.

810. Le gas ammoniacal a une odeur pénétrante, & une ſaveur âcre & cauſtique. Il verdit promptement & fortement les couleurs bleues des végétaux.

811. Il ſe combine rapidement avec les gas acides carbonique, muriatique & ſulfureux, & forme ſur le champ des ſels neutres, en excitant beaucoup de chaleur qui eſt due à l'état de liberté que prend le calorique, qui étoit combiné avec ces gas, & qui leur donnoit l'état aériforme. Tous ces ſels ſont ammoniacaux.

812. Le gas ammoniacal ſuffoque les animaux, comme le font tous les autres gas ſuffoquans.

813. Quoiqu'il ne puiſſe pas ſervir à la combuſtion, & qu'il éteigne les corps enflammés, il eſt cependant légérement inflammable par le gas

hydrogène qui entre dans sa composition (807); & par-là il augmente la flamme d'une bougie, & lui donne un volume un peu plus considérable avant de l'éteindre.

814. Le gas ammoniacal est promptement absorbé & dissous dans l'eau, & forme de l'ammoniaque pareil à celui dont on l'a extrait. Si l'eau est en état de glace, le gas ammoniacal la fait fondre sur le champ en produisant du froid, parce qu'il faut une grande quantité de calorique combinée avec la glace, pour la faire fondre (1098). Au contraire, le gas ammoniacal produit de la chaleur, en se dissolvant dans l'eau déjà fluide, parce que cette eau n'ayant pas besoin d'une nouvelle quantité de calorique, celui du gas prend l'état de liberté.

ORDRE III.

Gas inflammables ou hydrogènes.

815. Les gas hydrogènes, connus sous le nom de *gas inflammables* (604), se trouvent naturellement dans les vases des eaux bourbeuses & des marais; dans les mines, soit métalliques, soit de charbon de terre; dans les entrailles des animaux. Ils s'exhalent des latrines, des cimetieres, en un mot de tous les lieux où il y a des matieres animales ou végétales en putréfaction;

& de là ils s'élevent dans l'athmoſphere. Mais dans tous ces cas ils ne ſont jamais bien purs.

816. On peut obtenir le gas hydrogène dans ſon état de pureté par le ſecours de l'Art, & cela en décompoſant l'eau, puiſque ſa baſe eſt une des parties conſtituantes de l'eau (620); c'eſt pourquoi on a donné à cette baſe le nom d'*hydrogène*, c'eſt-à-dire, *générateur de l'eau*. Cette baſe eſt juſqu'à préſent inconnue : on ne ſait quelle eſt cette ſubſtance, parce qu'on ne peut pas la ſéparer du calorique qui lui donne la forme gaſeuſe, ſans la fixer dans un autre corps.

817. Il eſt bien prouvé aujourd'hui que l'eau n'eſt point un être ſimple, qu'elle eſt compoſée de la baſe de l'air pur, appelée *oxigène*, & de la baſe du gas hydrogène ou inflammable, appelée *hydrogène*; ſavoir, 17 parties d'oxigène & 3 parties d'hydrogène; ou, ce qui eſt la même choſe, ſuivant les expériences faites par M. *Lavoiſier*, de 85 parties d'oxigène & 15 parties d'hydrogène, meſurant par le poids : de ſorte que pour former 70 livres ou un pied cube d'eau, il faut 634 pieds cubes 1152 pouces cubes d'air pur, qui peſent 59 livres 8 onces, & 1513 pieds cubes 887 $\frac{13}{57}$ pouces cubes de gas hydrogène qui peſent 10 livres 8 onces : le tout, brûlé enſemble, formeroit un pied cube ou 70 livres d'eau.

818. On obtiendra donc du gas hydrogène de l'eau, toutes les fois qu'on mettra en contact avec cette eau un corps sur lequel on fera agir un acide ou qu'on chauffera, & qui aura une plus grande affinité avec l'oxigène que ce dernier n'en a avec l'hydrogène. Le fer & le zinc, ainsi que le charbon & les huiles, sont de cette espece.

819. EXPÉRIENCE. Dans un flacon garni d'un tube recourbé (*fig.* 114.), mettez du fer ou du zinc en limaille : versez par-dessus de l'acide sulfurique très-affoibli avec de l'eau. Il s'excitera une fermentation accompagnée de chaleur. Laissez échapper l'air du vaisseau ; après quoi engagez le bout du tube recourbé sous une cloche pleine d'eau, placée sur l'appareil pneumato-chimique : vous verrez passer un fluide élastique qui est du gas hydrogène.

Fig. 114.

820. Le fer ou le zinc, qui a plus d'affinité avec l'oxigène que n'en a ce dernier avec l'hydrogène, se combine avec l'oxigène de l'eau, & prend l'état d'oxide : & l'hydrogène, demeuré libre, se combine avec le calorique, & passe sous la forme gaseuse. On voit pourquoi on n'obtiendroit point de gas hydrogène, si l'acide étoit trop concentré & qu'il n'y eût pas d'eau, puisque c'est ici l'eau seule qui peut le fournir.

821. On obtiendroit le même gas, en substituant à l'acide sulfurique, ou l'acide muriatique,

ou les acides végétaux du vinaigre & du tartre, ou même l'acide carbonique.

822. On obtiendra encore le gas hydrogène par la chaleur seule.

823. EXPERIENCE. Faites passer de l'eau goutte à goutte au travers d'un canon de fer rougi au milieu des charbons ardens : que ce canon soit terminé par un tube recourbé, engagé sous une grande cloche pleine d'eau, placée sur l'appareil pneumato-chimique. Il passera dans la cloche un fluide aériforme très-abondant, qui est du gas hydrogène. Il n'y a jamais eu d'expérience de ce genre plus belle que celle qu'a faite M. *Lavoisier*.

824. Dans cette expérience, l'oxigène de l'eau se combine avec le fer qu'il réduit à l'état d'oxide : & l'hydrogène, demeuré libre, se combinant avec le calorique, forme le gas hydrogène qui passe sous la cloche. Le poids de ce gas, plus le poids dont celui du fer est augmenté, sont juste le poids de l'eau qui manque. Voici l'analyse.

825. EXPÉRIENCE. Si ensuite l'on brûle ensemble, dans un vaisseau convenable & qui ne laisse rien échapper, 634 pouces cubes 1152 lignes cubes d'air pur, qui pesent 317 $\frac{1}{3}$ grains, & 1513 pouces cubes 887 $\frac{13}{57}$ lignes cubes de gas hydrogène, qui pesent 56 grains, les deux poids ensemble faisant 373 $\frac{1}{3}$ grains, on aura un pouce cube d'eau, dont le poids est aussi 373 $\frac{1}{3}$ grains.

car le calorique ne pese point. Il en est de même dans tous les fluides aériformes : leur poids est dû en entier à leur base. Voici la synthese. Cette belle expérience est encore due à M. *Lavoisier.*

826. Qu'on n'objecte pas ici que l'eau qu'on croit produite dans cette expérience, étoit tenue en dissolution dans les deux fluides aériformes, & qu'elle en faisoit tout le poids. Voici des faits qui prouvent que cette objection n'est pas fondée.

827. On sait qu'on n'obtiendroit point de gas hydrogène, si, dans les expériences ci-dessus, on substituoit du cuivre au fer ou au zinc. Cela vient de ce que le cuivre ne peut pas décomposer l'eau, comme le font le fer & le zinc, parce que le cuivre a moins d'affinité avec l'oxigène, que n'en a ce dernier avec l'hydrogène. Mais, par cette raison-là même, le gas hydrogène peut enlever l'oxigène à l'oxide de cuivre & le revivifier : & dans ce cas-là il se forme de l'eau.

828. EXPÉRIENCE. Dans une cloche pleine de mercure, placée sur l'appareil au mercure, faites passer une quantité connue de gas hydrogène bien pur, par exemple, 500 pouces cubes, qui pesent 18 $\frac{1}{2}$ grains : placez dans un petit vase flottant sur le mercure de l'intérieur de la cloche, de l'oxide de cuivre : & faites tomber, sur cet oxide de cuivre, le foyer d'un verre ardent. Le gas sera absorbé, le cuivre revivifié, le mercure

remontera dans la cloche, & la surface du mercure & les parois intérieures de la cloche seront couvertes de petites gouttelettes d'eau.

829. Dans cette expérience, l'oxigène, qui avoit réduit le cuivre à l'état d'oxide, abandonne cet oxide, se combine avec l'hydrogène du gas, avec lequel il a plus d'affinité qu'il n'en a avec le cuivre, & cette combinaison forme de l'eau. Il est vrai qu'il est difficile ici de mesurer exactement la quantité d'eau produite : mais il est aisé de voir qu'il y en a un poids beaucoup plus considérable que celui des 500 pouces cubes de gas hydrogène employés. Il est possible que, dans ce cas-là, il y ait plus de 123 grains d'eau produits. On ne peut pas dire que ces 123 grains d'eau étoient tenus en dissolution dans une quantité de gas qui ne pesoit que 18 $\frac{1}{2}$ grains. Donc l'eau qui résulte de ces expériences n'est pas celle qu'on suppose tenue en dissolution dans les fluides aériformes qu'on emploie : donc il y en a de nouvelle de produite.

830. On peut encore obtenir du gas hydrogène par le moyen des substances animales & végétales combustibles par leur analyse à feu nud. C'est toujours l'eau de ces substances qui en fournit la plus grande partie en se décomposant : car son oxigène se combine avec ces substances; &

ſon hydrogène, ſe combinant avec le calorique, paſſe ſous la forme de gas.

831. Il n'y a donc qu'une ſeule eſpece de gas hydrogène, en quelque endroit qu'on le trouve, & quelles que ſoient les matieres qu'on emploie pour l'extraire. Il ne peut être que mêlé de différentes ſubſtances, ou en tenir quelques-unes en diſſolution; & c'eſt ce qui forme ſes variétés, qui ſont au nombre de cinq; ſavoir, le gas hydrogène ſulfuré, le gas hydrogène phoſphoré, le gas hydrogène carboné, le gas hydrogène carbonique, & le gas hydrogène des marais. Nous parlerons ci-après de toutes ces variétés. Examinons d'abord les propriétés du gas hydrogène pur & ſans mélange.

II. *Gas hydrogène pur.*

832. Le gas hydrogène pur a une odeur forte & déſagréable.

833. Il ne donne aucune marque d'acidité. Il ne précipite point la chaux diſſoute dans l'eau : il ne rougit point la teinture de tourneſol.

834. Expérience. Si, dans un tube plein de ce gas, on met un peu d'eau de chaux, ou de teinture de tourneſol, l'eau de chaux ne devient point laiteuſe, & la couleur de la teinture de tourneſol n'eſt point changée.

835. Lorsque le gas hydrogène est bien pur, il se conserve sans altération dans des bouteilles bien bouchées : il s'y conserveroit de même, quoiqu'il y eût de l'eau, parce qu'il n'y est point du tout soluble.

836. Le gas hydrogène pur est le plus léger de tous les fluides élastiques. Sa pesanteur spécifique est à celle de l'air, comme 8,04 est à 100,00 ; & à celle de l'eau distillée, comme 0,9911 est à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas pese 0,0370 de grains ; & le pied cube 63,9360 grains.

837. Le gas hydrogène suffoque les animaux, comme le font tous les gas suffoquans, mais en leur causant de vives convulsions.

838. Quoique ce gas soit un des êtres qui s'enflamment le plus aisément, cependant il éteint les corps enflammés qu'on y plonge, comme, par exemple, une bougie allumée. Cette bougie, en entrant dans le gas, l'enflamme à sa surface, tandis qu'elle s'éteint dans l'intérieur du gas ; & il arrive souvent qu'en la retirant, elle se rallume.

839. Ce gas, quand il n'est point mêlé d'air, ne brûle donc qu'à sa surface, parce qu'il ne peut jamais s'enflammer que dans l'endroit où il est en contact avec l'air.

840. Expérience. Remplissez un vase long & étroit (*fig.* 121.) de gas hydrogène, & l'enflam- *Fig.* 121.

mez avec une bougie allumée ; vous le verrez brûler tranquillement, à la maniere de l'esprit-de-vin.

841. Mais son inflammation est d'autant plus prompte & plus complette, que ses contacts avec l'air sont plus multipliés.

842. EXPÉRIENCE. Dans une bouteille de chopine, mettez une partie de gas hydrogène & deux parties d'air athmosphérique, & présentez au goulot de la bouteille une bougie allumée. Le gas s'enflamme dans l'instant, & brûle avec une rapidité incroyable, en produisant une détonation vive, semblable à celle de la poudre à canon.

843. Si le gas hydrogène étoit mêlé d'air pur, sa détonnation seroit considérablement plus forte.

844. EXPÉRIENCE. Dans la même bouteille (842), mettez deux parties de gas hydrogène & une partie d'air pur, & allumez le mélange, comme dans l'expérience précédente. La détonnation sera très-violente. Elle peut l'être, au point de casser la bouteille, quoiqu'elle soit ouverte. C'est pourquoi il faut prendre la précaution d'envelopper la bouteille d'un torchon, qui, en cas de rupture, en retiendroit les morceaux, & empêcheroit qu'on n'en fût blessé.

845. Le gas hydrogène s'enflamme aussi par une étincelle électrique, quoique très-petite.

Fig. 122. 846. EXPÉRIENCE. Dans le vase *a g* (*fig.* 122.)

que je suppose de métal & garni d'une tige recourbée aussi de métal *b c d*, qui enfile un tuyau de verre *a* mastiqué dans le couvercle du vase, afin de l'isoler, faites passer deux parties d'air athmosphérique & une partie de gas hydrogène : bouchez bien le goulot *g* avec un bon bouchon de liege ; présentez, à un corps actuellement électrisé, la petite boule de métal *b*. Il s'excitera une étincelle électrique entre cette boule & le corps électrisé (2579) : il s'en excitera une seconde entre la boule *d* & le bord du vase (2581). Ce sera cette seconde étincelle qui enflammera le gas. Comme l'explosion se fera dans un vaisseau fermé, la détonnation sera très-violente, & le bouchon sera chassé avec assez de force pour blesser quelqu'un sur lequel il porteroit : ce à quoi il faut bien prendre garde. Car si, comme l'a fait M. *Volta*, on adaptoit au goulot *g* de notre vase, un petit canon chargé d'une balle, le gas, en détonnant, la chasseroit avec assez de force pour, à la distance de 25 pas, percer une planche de chêne d'un pouce d'épaisseur.

847. Le gas hydrogène est capable de décomposer l'acide sulfurique, & de le faire passer à l'état d'acide sulfureux ; car sa base ou l'hydrogène, ayant avec l'oxigène plus d'affinité que n'en a le soufre ; son hydrogène, dis-je, se combineroit avec une partie de l'oxigène de l'acide

ſulfurique, & le réduiroit par là à l'état d'acide ſulfureux; & cette combinaiſon formeroit de l'eau.

848. Nous avons dit (815) que le gas hydrogène s'exhale des [illegible], des eaux bourbeuſes, des marais, des latrines, des cimetieres, &c. Il eſt aiſé de concevoir qu'il eſt la matiere des feux follets qu'on voit au deſſus de ces endroits.

849. Sa légéreté (836) lui permet de s'élever aſſez haut dans l'athmoſphere; &, comme il peut s'enflammer par une étincelle électrique (846), il eſt probable qu'il s'enflamme ainſi ſouvent dans les orages, & qu'il augmente alors la détonnation du tonnerre. Voilà, ſans doute, pourquoi le tonnerre eſt plus fréquent & plus fort dans certains lieux. Quand ce gas détonne ainſi, il brûle; alors ſa baſe ou l'hydrogène ſe combinant avec l'oxigène de l'air, forme de l'eau qui tombe en pluie. En effet, dans les orages il y a ſouvent des pluies violentes & ſubites, après quelques coups de tonnerre.

850. Le gas hydrogène eſt devenu un fluide intéreſſant pour les Phyſiciens, & ſur-tout pour les Aéronautes, depuis qu'on s'en eſt ſervi pour remplir les machines ou ballons aéroſtatiques. Sa légéreté ſpécifique (836) eſt la cauſe de l'aſcenſion de ces ballons.

851. On a cherché aussi à le substituer à des matieres combustibles, dans des réchauds & des lampes. M. *Neret* a donné la description d'un réchaud à gas hydrogène dans le Journal de Physique (*Janvier* 1777). MM. *Furstenberger*, Physicien de Bâle, *Brander*, Mécanicien d'Augsbourg, *Ehrmann*, Démonstrateur de Physique à Strasbourg, ont imaginé des lampes à gas hydrogène, que l'on peut allumer la nuit par le moyen d'une étincelle électrique. Mais il faut prendre bien des précautions pour empêcher qu'il ne s'introduise, dans la lampe, de l'air athmosphérique, qui occasionneroit une vive détonnation & la rupture du vaisseau, au grand danger des assistans.

852. Enfin on en fait des feux d'artifice fort agréables sans fumée & sans bruit, en en remplissant des vessies garnies de robinets de cuivre (*fig.* 123.), & en en introduisant, à l'aide de ces vessies, dans des tubes cylindriques différemment contournés, & percés d'un grand nombre de très-petites ouvertures. En pressant ces vessies plus ou moins fort, suivant le besoin, le gas hydrogène passe dans les tubes, sort par toutes les ouvertures qui y sont pratiquées, & on l'enflamme avec une bougie allumée : après quoi il continue de brûler jusqu'à ce que, fermant les robinets, on en interrompe le cours. Personne n'a fait des *Fig.* 123.

choſes plus agréables dans ce genre, que M. *Diller*, Démonſtrateur de Phyſique à la Haye: ſes feux d'artifice préſentent différentes figures, ſoit immobiles, ſoit mobiles, & ſont ornés de pluſieurs couleurs: &, ce qu'il y a d'agréable, c'eſt qu'il n'y a aucun danger à craindre, parce que les gas qu'il emploie ne ſont pas détonnans. La flamme blanche eſt produite par le gas hydrogène extrait par le charbon de terre. Le mélange de partie égale d'air athmoſphérique avec ce gas, produit la couleur bleue. Le gas hydrogène pur fournit le rouge; & ſi l'on y mêle, en ſoufflant, du gas expiré, qui eſt du gas acide carbonique & du gas azotique (*669*), il y ajoute une teinte de bleu.

853. Il eſt certain maintenant que le gas hydrogène eſt une ſubſtance d'une nature déterminée, toujours la même, & dont il n'y a qu'une ſeule eſpece; & dans la combinaiſon de laquelle il entre une grande quantité de calorique qui y eſt peu lié, & preſque dans l'état de feu libre. Mais cette eſpece de gas peut ſe mêler avec d'autres ſubſtances, & en tenir quelques-unes en diſſolution: c'eſt ce qui forme ſes variétés dont nous allons parler.

12. *Gas hydrogène ſulfuré.*

854. Le gas hydrogène ſulfuré eſt celui qui

tient du ſoufre en diſſolution (621), & qui eſt connu ſous le nom de *gas hépatique*. M. *Gengembre*, qui en a fait l'analyſe, le regarde comme formé de gas hydrogène pur & de ſoufre très-diviſé. C'eſt ce ſoufre, qu'il tient en diſſolution, qui lui donne ſes caractères diſtinctifs.

855. On obtient ce gas des ſulfures ſolides, en les décompoſant par les acides affoiblis d'eau, dans des appareils pneumato-chimiques. Le ſulfure s'empare de l'oxigène de l'eau; & l'hydrogène, ſe combinant avec une partie du ſoufre & du calorique, forme ce gas.

856. Le gas hydrogène ſulfuré a une odeur très-fétide.

857. J'ignore quelle eſt ſa peſanteur ſpécifique; mais il eſt certainement beaucoup plus peſant que le gas hydrogène pur; & il eſt ſoluble dans l'eau. C'eſt, ſans doute, le ſoufre qui le rend ainſi ſoluble & plus peſant.

858. Ce gas a, comme les autres, la propriété de ſuffoquer les animaux. Il verdit le ſirop de violettes.

859. L'air pur qu'on y mêle, le décompoſe par la combinaiſon de ſon oxigène avec l'hydrogène de ce gas; &, par-là, en fait précipiter le ſoufre. Par la même raiſon, il eſt décompoſé de même, & ſon ſoufre précipité, par l'acide nitreux, par l'acide ſulfureux, &, dans certaines

circonſtances, par l'acide muriatique oxigéné: dans tous ces cas il y a de l'eau de formée.

860. Le gas hydrogène ſulfuré s'allume par le contact des corps enflammés, & même par l'étincelle électrique. Il brûle avec une flamme d'un bleu rougeâtre; &, en brûlant, il dépoſe, ſur les parois des vaſes qui le contiennent, du ſoufre, lequel ne peut pas brûler par la petite chaleur ſuffiſante pour brûler le gas.

861. C'eſt le gas hydrogène ſulfuré qui minéraliſe les eaux ſulfureuſes, telles que les eaux d'Enghien, de Bonnes, de Baredge, de Cautereſtz, &c.

13. *Gas hydrogène phoſphoré.*

862. Le gas hydrogène phoſphoré eſt celui qui tient du phoſphore en diſſolution (622). Il a été découvert par M. *Gengembre*, qui l'a obtenu en faiſant bouillir une leſſive de potaſſe avec moitié de ſon poids de phoſphore coupé en petits morceaux, & en recevant le fluide aériforme, qui s'en eſt dégagé, dans des cloches pleines de mercure.

863. On ne pourroit pas le recueillir ſur l'eau, parce qu'il y eſt très-ſoluble. C'eſt, ſans doute, le phoſphore qui lui donne cette ſolubilité dans l'eau.

864. Le gas hydrogène phoſphoré a une odeur très-fétide.

865. Il ſuffoque les animaux.

866. Il s'enflamme par le ſeul contact de l'air, en produiſant une exploſion qui feroit très-forte & peut-être même dangereuſe, ſi l'on en préſentoit à l'air une trop grande quantité à la fois: il n'en faut préſenter que fort peu; une bulle, à peu près groſſe comme une aveline, ſuffit. C'eſt le phoſphore que ce gas tient en diſſolution, qui, s'allumant par le contact de l'air, communique ſon inflammation au gas. Pendant qu'il brûle, il en part une fumée qui, dans l'air calme, forme une eſpece de couronne circulaire qui augmente de diametre en s'élevant. Cette fumée eſt de l'acide phoſphorique (637) concret.

867. Expérience. Si, dans une cloche en partie pleine de gas hydrogène phoſphoré, & placée ſur l'appareil pneumato-chimique au mercure, on fait paſſer de l'air pur, le gas s'enflamme avec un éclat admirable; il brûle avec une très-grande rapidité, en produiſant une épaiſſe fumée blanche: & il s'excite une chaleur & une raréfaction ſi conſidérables, que la cloche ſe briſe, ſi elle n'eſt pas de verre très-épais.

14. *Gas hydrogène carboné.*

868. Le gas hydrogène carboné eſt celui qui tient du carbone en diſſolution (623).

869. On ſait aujourd'hui que le charbon,

quoique très-fixe dans des vaiſſeaux fermés & aux feux ordinaires, contient cependant un principe charbonneux (appelé *carbone*) ſuſceptible d'être réduit en vapeurs à l'aide d'une très-forte chaleur, & d'être diſſous dans des fluides aériformes. Le gas hydrogène ſur-tout jouit de la propriété de diſſoudre ainſi ce principe charbonneux. Il en entraîne donc ſouvent avec lui en prenant la forme gaſeuſe.

870. On obtient donc un gas hydrogène ainſi carboné, lorſqu'on fait agir, ſur de la fonte de fer ou ſur de l'acier, l'acide ſulfurique affoibli avec de l'eau, parce que l'un & l'autre tiennent un peu de matiere charbonneuſe. La fonte de fer l'a abſorbée dans les hauts fourneaux; & l'acier dans la cémentation : ce qui prouve bien que l'acier n'eſt pas un fer ſi pur que celui dont il a été formé.

871. Le gas hydrogène carboné eſt beaucoup plus peſant que le gas hydrogène pur. Ce n'eſt donc pas celui-là dont il faut ſe ſervir pour remplir les ballons aéroſtatiques : il ſeroit trop lourd, & exigeroit, dans le ballon, un trop grand volume.

872. On pourroit diſſoudre immédiatement du carbone dans du gas hydrogène, en faiſant tomber, dans le milieu d'une cloche pleine de ce gas, le foyer d'un verre ardent ſur du charbon flottant

au deſſus du mercure, qu'on ſuppoſe au fond de la cloche. De cette maniere on auroit un gas hydrogène carboné.

873. Le gas hydrogène carboné brûle avec une flamme bleue; & lance, pendant ſa combuſtion, de petites étincelles blanches ou rougeâtres.

15. *Gas hydrogène carbonique.*

874. Le gas hydrogène carbonique eſt celui qui eſt ſimplement mêlé de gas acide carbonique (735), mais ſans combinaiſon (624).

875. On l'obtient par la diſtillation de beaucoup de matieres végétales, & en particulier du tartrite acidule de potaſſe & de tous les ſels tartareux, des ſels acéteux, des bois durs, du charbon de terre, du charbon qui brûle à l'aide de l'eau, &c.

876. Le gas hydrogène carbonique brûle aſſez difficilement; cependant, quoique le mélange fût compoſé de trois parties de gas acide carbonique & d'une partie ſeulement de gas hydrogène pur, cela ne le feroit pas ceſſer d'être inflammable.

877. On peut ſéparer le gas hydrogène du gas acide carbonique qui lui eſt mêlé, par l'eau de chaux & par les alkalis, avec leſquels le gas acide carbonique ſe combine.

878. On peut faire artificiellement du gas

hydrogène carbonique, en mêlant du gas hydrogène pur avec du gas acide carbonique, en telle proportion qu'on voudra : ce qui prouve que ce gas n'eſt ni une eſpece particuliere, ni même une variété du gas hydrogène ; ce n'eſt qu'un ſimple mélange de deux gas.

16. *Gas hydrogène des marais.*

879. Le gas hydrogène des marais, appelé, par M. *Volta*, *air* ou *gas inflammable des marais*, eſt celui qui eſt ſimplement mêlé avec de la mofette ou gas azotique (625).

880. Il ſe dégage des eaux bourbeuſes des marais, des mares, des étangs, des égouts, des latrines, & de tous les lieux où des matieres animales pourriſſent dans l'eau. Il eſt donc le produit de la putréfaction de quelques matieres végétales, & de preſque toutes les ſubſtances animales.

881. Il n'eſt qu'un ſimple mélange, & ſans combinaiſon, du gas hydrogène pur (832) & du gas azotique (673). Car de la combinaiſon de ces deux fluides il réſulteroit du gas ammoniacal (807), qui ſeroit ſoluble dans l'eau (805) : & le gas hydrogène des marais ne l'eſt pas. C'eſt à M. *Bertholet* de l'Académie des Sciences, qu'on doit la connoiſſance exacte de ce gas.

882. Le gas hydrogène des marais brûle avec une flamme bleue.

883. Il ne détonne que difficilement avec l'air pur. Lorsqu'on l'a fait détonner dans l'eudiometre de M. *Volta*, on a trouvé des gouttes d'eau, & un résidu de gas azotique plus ou moins pur. L'eau résulte de la combinaison de l'hydrogène du gas avec l'oxigène de l'air pur; & la mofette ou azote demeure sous la forme gaseuse.

Pour comparer aisément les pesanteurs spécifiques des fluides élastiques, je place ici, sous un coup d'œil, toutes celles qui sont connues.

884. *Pesanteurs spécifiques des fluides élastiques, comparées à celle de l'Air.*

Air athmosphérique	100,0000.
Air pur ou gas oxigène	108,6795.
Gas azotique	96,6040.
Gas nitreux	105,6365.
Gas acide carbonique	151,0642.
Gas acide muriatique	173,2344.
Gas acide sulfureux	206,0560.
Gas ammoniacal	53,0353.
Gas hydrogène pur	8,0425.

885. *Pesanteurs spécifiques des Fluides élastiques, comparées à celle de l'Eau.*

Eau distillée...............	10000,0000.
Air athmosphérique	12,3233.
Air pur ou gas oxigène....	13,3929.
Gas azotique...............	11,9048.
Gas nitreux...............	13,0179.
Gas acide carbonique......	18,6161.
Gas acide muriatique......	21,3482.
Gas acide sulfureux........	25,3929.
Gas ammoniacal...........	6,5357.
Gas hydrogène pur........	0,9911.



CHAPITRE XI.

Des Propriétés de l'Air.

886 NOUS avons vu ci-dessus (*643 & suiv.*) quelle est la nature de l'air. Nous avons prouvé qu'il est un mélange de deux fluides élastiques, dont l'un (l'air pur ou gas oxigène (*647*)) ne compose qu'environ le quart de son volume; & l'autre (le gas azotique (*673*)), en compose environ les trois quarts. Le premier de ces fluides est le seul propre à l'entretien de la vie des hommes & des animaux (*662*), & à la combustion des corps (*664*): le second, s'il étoit seul, nous suffoqueroit très-promptement, & éteindroit subitement les corps enflammés qu'on y plongeroit (*688*). Il est vrai que si nous respirions le premier seul & sans mélange, il pourroit aussi nous faire périr assez vîte, par la chaleur ardente qu'il imprimeroit à tout notre être (*663*). Admirons donc la Providence dans la composition & le mélange du fluide qu'elle nous a donné à respirer. Cet air si pur, & si propre à l'entretien de la vie, peut être comparé aux liqueurs spiritueuses, qui sont bonnes en elles-mêmes, mais dont il faut user sobrement.

887. L'air environne de toutes parts le globe terrestre, & lui sert, en quelque maniere, d'enveloppe. C'est cette enveloppe que l'on appelle *athmosphere*. Nous devons donc considérer l'air sous deux différens rapports : 1°. en lui-même ; 2°. comme formant l'athmosphere. En cette derniere qualité, l'air a des propriétés qu'il n'a pas lorsqu'on n'en considere qu'une portion, & qu'on fait abstraction de ce qui s'y mêle d'étranger.

L'Air considéré en lui-même.

888. L'air est, comme tous les autres fluides permanens de cette espece (590), pesant, compressible, élastique, transparent, sans couleur, invisible & incondensable en liqueur par le froid.

889. Il ne devient jamais partie constituante d'aucun corps ; mais ses bases (610), savoir, l'oxigène & l'azote, entrent dans la composition d'un grand nombre : l'oxigène entre dans la composition de tous les acides, de tous les oxides, &c. & l'azote dans celle des animaux & de quelques végétaux, pourvu que ces bases cessent d'être combinées avec le calorique.

890. Tant qu'elles demeurent ainsi combinées, elles forment un fluide, qui ne cesse jamais de l'être : & cette fluidité est causée par l'élasticité, qui tend toujours à dilater la masse, & qui conserve la mobilité respective des parties. Si l'air

n'étoit que compressible, il pourroit former un corps dur, comme le fait la neige fortement pressée.

891. L'air adhere assez fortement à la surface des corps. Il est aisé de s'en convaincre. Qu'on mette de l'eau dans un vase, qu'on fait chauffer: la couche d'air adhérente aux parois du vase, & qui se trouve alors entre l'eau & ces parois, y devient sensible par sa raréfaction (22), causée par la chaleur. Elle deviendroit de même sensible dans le vide, par sa dilatation (39) occasionnée par son ressort.

892. Nous avons prouvé ci-devant (301) que l'*air est un fluide pesant*. Il ne s'agit plus que de savoir quelle est sa pesanteur spécifique. Cette pesanteur est le poids que pese un corps sous un volume connu & déterminé, comme, par exemple, un pouce cube ou un pied cube (331). Un moyen simple, &, à mon avis, le plus sûr, de connoître la pesanteur spécifique de l'air, est le suivant.

893. Il faut se munir d'un matras (*fig.* 124.) d'une capacité un peu grande, comme, par exemple, d'environ un demi-pied cube, garni d'un robinet R. On connoît le poids exact de ce matras, vidé d'air, en le pesant avec une excellente balance. Ensuite on cherche à connoître bien exactement sa capacité, en le pesant plein *Fig.* 124.

d'eau diſtillée. En retranchant du poids total le poids du matras vidé d'air trouvé précédemment, on a le poids de l'eau qu'il contient. Comme le pouce cube de cette eau peſe 373 $\frac{1}{3}$ grains, en diviſant le poids, réduit en grains, de l'eau que contient le matras, par 373 $\frac{1}{3}$; le quotient de la diviſion donne le nombre de pouces cubes que contient le matras. Ce matras étant bien ſéché, il ne s'agit plus que de le peſer de nouveau, étant rempli d'air; on retranche encore, du poids qui le tient en équilibre, le poids du matras vidé d'air : le reſte donne le poids de l'air contenu dans le matras. On a donc, 1°. le poids du matras vide de toute ſubſtance; 2°. la capacité de ce matras, ou le nombre de pouces cubes qu'il contient; 3°. le poids de ce nombre de pouces cubes d'eau diſtillée; 4°. le poids de ce même nombre de pouces cubes d'air. Le rapport de ces deux derniers poids donne le rapport des peſanteurs ſpécifiques de l'eau & de l'air : car la peſanteur ſpécifique de l'air eſt à celle de l'eau, comme le poids du pouce cube d'air eſt à celui du pouce cube d'eau. Et l'on a le poids du pouce cube d'air, en diviſant le poids de l'air contenu dans le matras, par le nombre de pouces cubes que contient ce matras. C'eſt ainſi qu'on a trouvé que la peſanteur ſpécifique de l'air eſt à celle de l'eau diſtillée, comme 12,3233

eſt à 10000,0000. D'où il ſuit que le pouce cube d'air peſe 0,4601 de grain : & le pied cube 1 once 3 gros 3 grains. Il faut donc près de 811 $\frac{1}{2}$ pieds cubes d'air, pour faire équilibre à 1 pied cube d'eau qui peſe 70 livres.

Ces expériences ont été faites, le barometre étant à 28 pouces, & le thermometre à 10 degrés au deſſus de zéro

894. Il faut avouer que ces moyens ne donnent pas la peſanteur ſpécifique de l'air avec une exactitude parfaite, parce que le matras que nous avons dit (893) devoir être peſé vidé de toute ſubſtance, ne peut pas être entiérement vidé d'air; puiſqu'avec la meilleure machine pneumatique, on ne peut pas faire le vide parfait (917). Mais la portion d'air qui y demeure eſt ſi petite, qu'elle influe peu ſur le réſultat. D'ailleurs je ne connois pas de moyens de mieux faire.

895. Tous les fluides élaſtiques, dont nous avons parlé dans le Chapitre X, ont été peſés par les mêmes moyens. Et pour en remplir le matras, ſans mélange d'autres ſubſtances, on fait paſſer ces fluides l'un après l'autre, ſous une grande cloche de verre (*fig.* 125.), ouverte *Fig.* 125.
& garnie par le haut d'une virole de cuivre B & d'un robinet C, & placée ſur la tablette EF (*fig.* 112.) de l'appareil pneumato-chimique. *Fig.* 112.

Enſuite, en adaptant le matras, bien vidé d'air, à cette cloche, en viſſant le robinet R du matras au robinet C de la cloche, & ouvrant les robinets, le matras ſe remplit du fluide que contient la cloche.

896. Puiſque l'air eſt un fluide peſant, on ne doit pas être ſurpris de ſentir une preſſion très-forte ſur la main, que l'on tient placée ſur l'ouverture ſupérieure d'un récipient, dans lequel on fait le vide par le moyen d'une machine pneumatique. Car ſi-tôt que l'air du récipient a été dilaté par l'action de la machine, il n'eſt plus capable de ſoutenir la preſſion de l'air extérieur, comme il l'auroit été s'il n'avoit pas changé de denſité (912). C'eſt donc la prépondérance de la preſſion de l'air extérieur qui attache la main au récipient; & cette preſſion eſt d'autant plus conſidérable, que l'ouverture du récipient eſt plus grande, parce qu'alors la colonne d'air a une plus large baſe (294).

897. Mais ce qui devroit ſurprendre, c'eſt que cette preſſion de l'air n'écraſe pas les grands récipiens, dans leſquels on a fait un vide approchant du parfait : car la preſſion de l'air ſur ces récipiens égale le poids d'une colonne de mercure, qui auroit pour baſe la largeur des récipiens, & pour hauteur environ 28 pouces (301). Or c'eſt un poids énorme à faire ſoutenir par

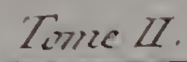


Fig. 113.

Fig. 114. F B C E A D

Fig. 116.

Fig. 117.

Fig. 119. C

Fig. 122. g a b

Fig. 118. B C A D R

Fig. 112. B C E c a b d F A D H I G K

Fig. 115. O M N

Fig. 123. A R V

Fig. 120. A G

Fig. 121.

Benard Direxit.

par un vase de verre. Ce qui les garantit de cet accident, est leur figure arrondie en forme de cylindre (*fig.* 126.) ou de voûte (*fig.* 127.). La seule inspection de ces figures fait voir que la surface extérieure est plus grande que l'intérieure : toutes les parties qui composent l'épaisseur, ressemblent donc à celles dont on fait les cintres ; ce sont autant de coins ou de pyramides tronquées, qui se soutiennent mutuellement contre la pression qui les pousse vers un axe ou un centre commun. La vérité de ce que nous avançons est clairement prouvée par l'expérience suivante. *Fig.* 126. *Fig.* 127.

898. EXPÉRIENCE. Appliquez à la machine pneumatique un récipient ouvert de part & d'autre (*fig.* 128.), & couvert d'une vessie mouillée, afin qu'elle s'y applique & le bouche bien pardessus. A mesure que vous ferez agir la pompe, pour vider le récipient, le poids de l'air extérieur fera prendre à cette vessie tendue la forme d'une calotte renversée ; & après quelques coups de piston, elle crevera avec éclat. Avant que la pompe agisse, le ressort de l'air intérieur fait équilibre à la pression extérieure (912) : mais à mesure qu'on diminue la force de ce ressort, en diminuant la densité de l'air du récipient, l'excès de force de la pression extérieure pousse la vessie en dedans, & la fait enfin crever. Si, au lieu de vessie, on mettoit sur le récipient *Fig.* 128.

une plaque mince de plomb ou de verre, avec un cuir interposé, pour bien boucher, la plaque de plomb feroit enfoncée dans le récipient, ou la plaque de verre feroit brisée en pieces. Un récipient de toute autre figure que la ronde, feroit brisé de même. Combien de fois n'eft-il pas arrivé à des Chaffeurs, qui portent du vin dans des bouteilles plates garnies d'ofier, de caffer leurs bouteilles en les portant à la bouche à demi-pleines, & en fuçant pour boire? La fuction dilate l'air intérieur; & le poids de l'air extérieur agiffant fur les deux côtés plats, les porte l'un vers l'autre, & caffe le vafe. C'eft cette preffion de l'air extérieur qui fait adhérer les récipiens bien dreffés à la platine de la machine pneumatique.

899. *L'air eft un fluide compreffible.* Il fe comprime par fon propre poids; de forte que, dans un lieu bas, il eft plus comprimé & a plus de denfité que dans un lieu élevé. On pourroit le comparer à cet égard à des cardes de laine ou de coton : fuppofons qu'on en faffe cinq ou fix cents, toutes de même longueur, de même largeur, de même épaiffeur, & de même poids : qu'on les place toutes les unes fur les autres; on conçoit aifément que celle de deffous fera chargée du poids de toutes les autres; qu'en conféquence, elle fera applatie, elle aura un moindre volume avec

la même masse, & par conséquent plus de densité. La densité de la carde qui seroit au dessus, seroit un peu moindre, parce qu'elle seroit un peu moins chargée : & ainsi des autres, à mesure qu'on les considéreroit dans des places plus élevées. Il en est ainsi des différentes couches d'air, placées les unes au dessus des autres, comme nous le prouverons ci-après (959). Mais il n'en est pas de même de l'eau, par exemple, qui n'est point ou presque point compressible (27) : les différentes portions de la même masse d'eau ont la même densité dans toute son épaisseur.

900. Mais quels rapports gardent entre elles la condensation de l'air & la force qui le comprime ? *Boyle* & *Mariotte* ont imaginé une expérience qui répond à cette question. La voici : EFG (*fig.* 129.) est un tuyau de verre recourbé en forme de siphon, dont la plus longue branche *d*E a environ 8 pieds de longueur, & la plus courte, 12 pouces, à compter de *d* en G. La partie *d*G doit être parfaitement cylindrique, & d'un diametre bien égal d'un bout à l'autre, afin que des longueurs égales donnent des capacités semblables. Le tuyau est ouvert en E, & fermé hermétiquement en G ; & il est solidement attaché sur une forte planche, divisée en pouces & en lignes de *d* en E & de *d* en G. *Fig.* 129.

G 2

Cet instrument étant placé verticalement, on y fait couler un peu de mercure, de maniere que le coude *h* F *d* en soit rempli. Avant d'y faire passer le mercure, le tuyau étoit rempli d'un air comprimé par le poids de l'athmosphere (899), lequel poids est égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces (301). En mettant du mercure dans le coude *d*, on divise cet air en deux portions, dont une E *d* est encore exposée à la pression de l'athmosphere, avec laquelle elle communique : & l'autre *d* G doit être considérée comme un ressort précédemment tendu par le poids de l'athmosphere.

901. Maintenant, si dans la longue branche on ajoute du mercure, de maniere qu'il y en ait 14 pouces au dessus de son niveau dans la courte branche, on aura augmenté d'un tiers la pression qui a lieu sur la colonne d'air *d* G; & cette colonne sera diminuée d'un tiers, c'est-à-dire que de 12 pouces elle sera réduite à 8. Si on en ajoute 28 pouces, on aura doublé la pression, & la colonne sera diminuée de moitié, & réduite à 6 pouces. Si on en ajoute 56 pouces, on aura triplé la pression, & la colonne sera diminuée des deux tiers, & réduite à 4 pouces. Si on en ajoute 84 pouces, on aura quadruplé la pression; & la colonne sera diminuée des trois quarts, & réduite à 3 pouces.

902. On doit conclure de là, que *l'air comprimé diminue de volume dans le même rapport dans lequel la compression augmente.* Et comme la diminution du volume est une vraie condensation (23), il suit de là, que *l'air se condense en raison directe des poids dont il est chargé.*

903. Il est cependant très probable que cette proportion n'a pas lieu dans les degrés extrêmes, car on ne connoît aucun corps qui puisse être comprimé à l'infini. Il y a apparence qu'il existe un terme au delà duquel l'air ne pourroit plus être comprimé, quelle que fût la force qu'on y appliquât. Mais on ignore quel est ce terme. Il paroît par les expériences que *Boyle* a faites, qu'il a, par compression, réduit l'air à la 13e. partie de son volume. D'autres ont été beaucoup plus loin : sur-tout *Hales* (*Statique des végét. Append. pag.* 389), qui, en comprimant l'air par une force égale à 37 fois le poids de l'athmosphere, dit l'avoir réduit à la 38e. partie de son volume ; & plus bas (*pag.* 392), il prétend l'avoir réduit à la 1838e. partie de son volume : de sorte que, par cette compression, il seroit devenu plus de deux fois aussi dense que l'eau, ce qui est bien difficile à croire. En effet, la conséquence qu'il tire de son expérience, est bien hasardée ; car il calcule la force qui a été nécessaire pour faire crever la bombe, dont il s'est servi pour

cette expérience, & en conséquence la force qui a comprimé l'air : il calcule, dis-je, ces forces d'après celle qui s'est trouvée nécessaire pour faire rompre un fil de fer de 1 $\frac{1}{2}$ ligne de diametre. Mais ce fit étoit de fer battu & très-doux, & sa bombe étoit de fer fondu & très-aigre : or ce dernier fer oppose, à sa rupture, une résistance de beaucoup inférieure à celle qu'y oppose le fer doux. De plus, le tuyau qui contenoit l'air s'est trouvé cassé en plusieurs morceaux ; on n'a donc pas pu apprendre, par cette expérience, jusqu'à quel point l'air a été condensé : & quand la force qu'il a employée auroit eu toute l'intensité qu'il prétendoit, il a pu se faire que l'air, condensé jusqu'à un certain point, ait cessé de céder à la pression.

904. *Amontons* a pensé que cette condensation de l'air pouvoit encore aller plus loin que ne l'a cru *Hales*. Car il a prétendu (*Mém. de l'Acad. an.* 1703, *pag.* 104), d'après la regle établie ci-dessus (902), que la partie inférieure d'une colonne d'air, prolongée de 19 lieues vers le centre de la terre, auroit, à cette profondeur, une densité égale à celle de l'or.

905. *L'air est un fluide élastique ;* & son élasticité tend toujours à dilater sa masse. Supposons une vessie bien bouchée, & ne contenant qu'une petite quantité d'air. Tant que cette vessie sera

exposée à la pression de l'athmosphere, elle demeurera dans son état, de maniere que l'air qu'elle contient sera de même densité que celle de l'air extérieur.

906. Mais si l'on place cette vessie sous le récipient de la machine pneumatique, & qu'on y fasse le vide; à mesure que, par le jeu de la pompe, on diminuera la densité & la pression de l'air qui environne la vessie, l'air qu'elle contient se dilatera & la fera renfler; & cela d'autant plus que la densité de l'air du récipient sera plus diminuée : donc l'élasticité de l'air tend toujours à dilater sa masse.

907. Il en est de la dilatation de l'air, comme de sa condensation. On ignore jusqu'à quel point elle peut aller. Selon *Musschenbroëk* & *Mariotte*, l'air qui est proche de la surface de la terre & exposé à la pression de l'athmosphere, peut se dilater, si l'on fait cesser cette pression, jusqu'à occuper un espace 4000 fois plus grand que celui qu'il occupoit.

908. *Boyle*, par plusieurs expériences successives, l'a dilaté une premiere fois jusqu'à lui faire occuper un espace 9 fois plus considérable qu'auparavant; ensuite il lui a fait prendre un volume 31 fois plus grand; après cela 60 fois; puis 150 fois; enfin 8000 fois; puis 10000 fois; & en dernier lieu 13679 fois, & cela par la

ſeule force de ſon reſſort : de ſorte que le volume d'une maſſe d'air comprimée par le poids de l'athmoſphere, ſeroit au volume de la même maſſe d'air dilatée autant qu'elle pourroit l'être par ſon reſſort dans le vide, comme 1 eſt à 13679. Mais peut-on beaucoup compter ſur l'exactitude de ces réſultats ? J'en doute très-fort.

909. *L'élaſticité de l'air eſt parfaite;* c'eſt-à-dire que ſi une maſſe d'air a été comprimée par une force quelconque, & qu'enſuite cette force ceſſe d'agir, la maſſe d'air ſe rétablit, 1°. complétement ; elle reprend préciſément le même volume qu'elle avoit avant la compreſſion : 2°. elle ſe rétablit avec la même promptitude que celle avec laquelle elle a été comprimée. C'eſt en quoi conſiſte l'élaſticité parfaite (33). Si donc l'on comprime une veſſie pleine d'air, ſi-tôt qu'on fera ceſſer la compreſſion, la veſſie ſe rétablira dans ſon premier état, & cela avec autant de preſteſſe que celle avec laquelle elle aura été comprimée.

910. Non ſeulement l'élaſticité de l'air eſt parfaite, mais *elle eſt inaltérable.* Ni la force, ni la durée de la compreſſion n'alterent en aucune maniere le reſſort de l'air : avec quelque force qu'il ſoit comprimé, quelque long-temps qu'on le laiſſe en cet état, ſi la cauſe qui le comprime

vient enſuite à ceſſer d'agir, il ſe rétablit toujours auſſi parfaitement qu'il l'auroit fait, ſi on lui en eût donné la liberté un inſtant après la compreſſion. M. *de Roberval* a gardé, pendant quinze ans, de l'air comprimé dans une canne à vent; & après ce long intervalle de temps, l'air a montré autant de force de reſſort qu'il a coutume d'en avoir en pareil cas; car il a chaſſé une balle auſſi loin, qu'il l'auroit fait dans le premier jour de ſa compreſſion.

911. Le reſſort de l'air eſt d'autant plus actif, que l'air a plus de denſité : ſon reſſort augmente donc à meſure que la denſité de l'air augmente, & cela dans le même rapport : de ſorte que *le reſſort de l'air égale toujours & fait équilibre à la puiſſance qui le comprime :* &, par ſa réaction, il peut produire le même effet que produiroit cette puiſſance. Dans un vaſe à large ouverture L L (*fig.* 130.), plongez la partie inférieure d'un barometre K M, dans lequel je ſuppoſe le mercure à 28 pouces. Suppoſons de plus la température de l'air à 15 degrés. Enſuite fermez exactement le vaſe avec un bouchon, au travers duquel paſſeront le tube & la planche du barometre, de maniere qu'il n'y ait aucune communication entre l'air du dedans & celui du dehors : faites auſſi en ſorte que la denſité de l'air intérieur ne change pas pendant cette manipu- *Fig.* 130.

lation. Lorſque le vaſe ſera fermé, le mercure ſe tiendra encore à 28 pouces : & , toutes les fois que vous rappellerez le tout à la même température de 15 degrés, cet effet ſera toujours le même, quelque long-temps que dure l'expérience, même pendant un grand nombre d'années.

912. Avant qu'on ferme le vaſe, l'air qu'il contient communiquant avec celui du dehors, fait encore partie de l'athmoſphere, agit comme peſant ſur le réſervoir du barometre, & ſoutient le mercure à 28 pouces. Si-tôt que le vaſe eſt bouché, cette même maſſe d'air n'a plus que ſon propre poids, qui eſt bien peu de choſe; mais elle a été comprimée par le poids de l'athmoſphere, & elle a conſervé ſa denſité : & par ſa réaction, qui égale ce poids (112), elle ſoutient encore le mercure à 28 pouces. Donc, 1°. le reſſort de l'air eſt égal à la puiſſance qui le comprime : 2°. ce reſſort eſt inaltérable (910); il ne s'affoiblit point par ſucceſſion de temps, puiſque le même effet a toujours lieu, quelque long-temps qu'on tienne la même maſſe d'air en expérience.

913. Les hémiſpheres de Magdebourg, imaginés par *Otto-de-Guerike*, Bourgmeſtre de Magdebourg, prouvent encore la preſſion & le reſſort de l'air. Ces hémiſpheres ſont deux demi-
Fig. 131. ſpheres concaves de cuivre A, B (*fig.* 131.),

dont l'une eſt garnie d'un robinet B, par lequel il peut s'ajuſter à la machine pneumatique ; & l'autre porte un anneau A au milieu de ſa convexité, pour être facilement ſuſpendu. On joint enſemble ces deux hémiſpheres, pour en former une eſpece de globe ; & afin de rendre leur jonction plus facile & plus exacte, l'un des deux B a ſes bords garnis d'un anneau plat *b b*, dont la largeur excede autant en dedans qu'en dehors ; & l'on met, ſur cet anneau, un autre anneau de cuir mouillé, ſur lequel s'appliquent les hords de l'autre hémiſphere A, qu'on a eu ſoin de bien dreſſer. Tout étant ainſi diſpoſé, & le robinet B étant adapté à la vis qui eſt au centre de la platine de la machine pneumatique ; pour ſéparer ces deux hémiſpheres, il ne faut que vaincre le poids de l'hémiſphere ſupérieur A, parce que l'air qui eſt entre eux fait, par ſon reſſort, équilibre à la preſſion de l'air extérieur (911). Mais ſi, ayant ouvert le robinet B, on fait jouer la pompe, & que, par ce moyen, on ôte l'air qui eſt entre les deux hémiſpheres, & qui contrebalance la preſſion de l'air extérieur, on ne peut plus ſéparer les hémiſpheres qu'avec une grande force. Qu'on ferme le robinet B, & qu'on détache les hémiſpheres de la machine pneumatique : qu'on les ſuſpende à un point fixe A, & qu'on y attache des poids P, comme on le voit *fig.* 132 ; *Fig.* 132.

pour que ces poids puiſſent les ſéparer l'un de l'autre, il faut qu'ils ſoient d'autant plus conſidérables, que le diametre des hémiſpheres eſt plus grand, & qu'on les a plus exactement vidés d'air. Si les hémiſpheres avoient 6 pouces de diametre, & qu'on eût fait entre eux un vide parfait, il faudroit, pour les ſéparer, au moins 436 livres.

914. Cet effet ne peut être attribué qu'à la preſſion de l'air extérieur, qui n'eſt plus contrebalancée par le reſſort de l'air intérieur des hémiſpheres, lequel eſt d'autant plus diminué, qu'on a diminué davantage ſa denſité. La preuve en eſt que, ſi, en ouvrant le robinet B, on laiſſe rentrer l'air entre les deux hémiſpheres, ils ſe ſéparent par le moindre effort. Le reſſort de l'air intérieur étant équivalent à la preſſion de l'air extérieur (911), ces deux forces ſe détruiſent mutuellement, ou plutôt ſe font équilibre; & il ſuffit de vaincre le poids de l'un des deux hémiſpheres, pour le ſéparer de l'autre.

915. Cela ſe prouve encore plus clairement en mettant ces hémiſpheres, vidés d'air, ſous un
Fig. 133. récipient de la machine pneumatique (*fig.* 133.), & en diminuant la denſité de l'air du récipient autant qu'on a diminué celle de l'air de l'intérieur des hémiſpheres: alors on les ſépare aiſément, en ſoulevant un peu l'anneau A qui tient

accroché l'hémisphere supérieur. Et si, en les appliquant de nouveau l'un à l'autre, on fait en sorte que l'air puisse rentrer sous le récipient, sans rentrer entre les hémispheres, ils se trouvent attachés de nouveau l'un à l'autre, & aussi fortement qu'ils l'étoient auparavant : ce qui prouve bien que c'est la pression de l'air extérieur qui cause leur adhérence.

916. C'est en conséquence de ces principes que le vide se fait par le moyen de la machine pneumatique. Quand on a appliqué un récipient sur la platine, comme nous avons dit (913), qu'on applique l'hémisphere supérieur sur l'inférieur, & qu'on fait descendre le piston d'un bout à l'autre de la pompe, on fait naître un espace sans air, dans lequel celui du récipient ne manque pas de s'étendre en vertu de son élasticité (905), & devient, par-là, moins dense qu'il ne l'étoit. La pression de l'air extérieur attache donc le récipient à la platine, & d'autant plus fortement qu'on a diminué davantage la densité de l'air du récipient.

917. La dilatation de l'air du récipient suit, à chaque coup de piston, le rapport des capacités du récipient & de la pompe. Si la capacité du récipient est double de celle de la pompe, au premier coup de piston il passera dans la pompe un tiers de l'air du récipient ; & par conséquent

la denſité de cet air ſera diminuée d'un tiers : au ſecond coup de piſton, il paſſera encore un tiers des deux tiers qui reſtent : au troiſieme, quatrieme, centieme, &c. coup de piſton, il ne paſſera jamais dans la pompe qu'un tiers de l'air qui reſte dans le récipient ; car la denſité de cet air diminue toujours en proportion géométrique, & non pas arithmétique. Il reſtera donc toujours dans le récipient les deux tiers du dernier reſte. D'où il ſuit qu'une machine pneumatique, quelque parfaite qu'elle puiſſe être, ne peut jamais produire un vide parfait. On aura une preuve de ceci, ſi l'on adapte, à la machine pneumatique, un récipient dans lequel plonge la partie inférieure d'un barometre. Suppoſons que le mercure ſoit, dans ce barometre, à 27 pouces 9 lignes ; & que la capacité du récipient ſoit double de celle de la pompe. Au premier coup de piſton, le mercure s'abaiſſera de 9 pouces 3 lignes, tiers de 27 pouces 9 lignes, & ſe fixera à 18 pouces 6 lignes : au ſecond coup de piſton, il s'abaiſſera de 6 pouces 2 lignes, tiers de 18 pouces 6 lignes, & ſe fixera à 12 pouces 4 lignes, & ainſi de ſuite. Donc la denſité de l'air diminuera dans le même rapport ; car la hauteur de la colonne de mercure eſt toujours proportionnelle à la denſité de l'air qui la ſoutient, & par conſéquent à ſon reſſort : car ſon reſſort

augmente ou diminue comme sa densité (911).

918. On peut donc, par le moyen d'un barometre, connoître les différens degrés de dilatation ou de densité de l'air d'un récipient, dans lequel on a fait en partie le vide.

919. Nous avons dit ci-dessus (911) que le ressort de l'air est d'autant plus actif, que l'air a plus de densité. L'expérience précédente (917) en est une preuve. On en a encore la preuve dans le *fusil à vent*, arme que tout le monde connoît. On sait que, par son moyen, on chasse une balle d'autant plus fortement & d'autant plus loin, qu'on a condensé davantage l'air du réservoir du fusil.

920. La fontaine de compression fournit encore une preuve de l'activité du ressort de l'air fortement condensé. On appelle *fontaine de compression*, un vase d'où l'on fait jaillir l'eau au dessus de son niveau, par le ressort de l'air fortement condensé. Cette fontaine est composée d'un vaisseau de cuivre A B (*fig.* 134.), auquel *Fig.* 134.
on donne telle forme que l'on veut, par exemple, celle d'une poire, portée sur un pied C D. On y joint un canal N O, ouvert de part & d'autre, garni d'un robinet R, qui s'ajuste à vis au vaisseau, & dont le bout inférieur O descend à une ligne près du fond. Pour mettre cette fontaine en jeu, on la remplit d'eau environ jusques

aux deux tiers de ſa capacité, par exemple, juſqu'en A B, & cela par l'endroit où ſe viſſe le canal N O. On remet ce canal en ſa place : on déviſſe le petit ajutage N, & l'on met à ſa place
Fig. 135. la petite pompe foulante P Q (*fig.* 135.), avec laquelle on fait entrer à force beaucoup d'air : après
Fig. 134. quoi, le robinet R (*fig.* 134.) étant fermé, on ôte la pompe pour viſſer en ſa place l'ajutage percé d'un ou pluſieurs trous. Il faut remarquer
Fig. 135. que la pompe (*fig.* 135.) reçoit l'air par un trou pratiqué vers P, au deſſus duquel on éleve le piſton ; & ce même piſton, en deſcendant, le force de paſſer par un petit trou pratiqué au fond, & ſur lequel on a mis en dehors une ſoupape, pour empêcher que l'air ou l'eau revienne dans la pompe, quand on éleve de nouveau le piſton.

921. L'air, ainſi pouſſé par le piſton, traverſe
Fig. 134. donc le canal N O (*fig.* 134.) ; & enſuite, par ſa légéreté reſpective, traverſe l'eau, & va ſe joindre à l'air qui occupe la place A N B, dont il augmente d'autant la denſité. Cet air, ainſi comprimé, dont le reſſort égale toujours la puiſſance qui le comprime (911), a donc une force élaſtique de beaucoup ſupérieure à la preſſion de l'air extérieur, qui réſiſte à l'orifice N du canal. Cette force ſe déploie ſur la ſurface A B de l'eau, & la force de monter par le canal O N, avec d'autant plus de vîteſſe qu'il y a plus de différence entre la

la densité de l'air qui est renfermé dans le vaisseau, & celle de l'air extérieur.

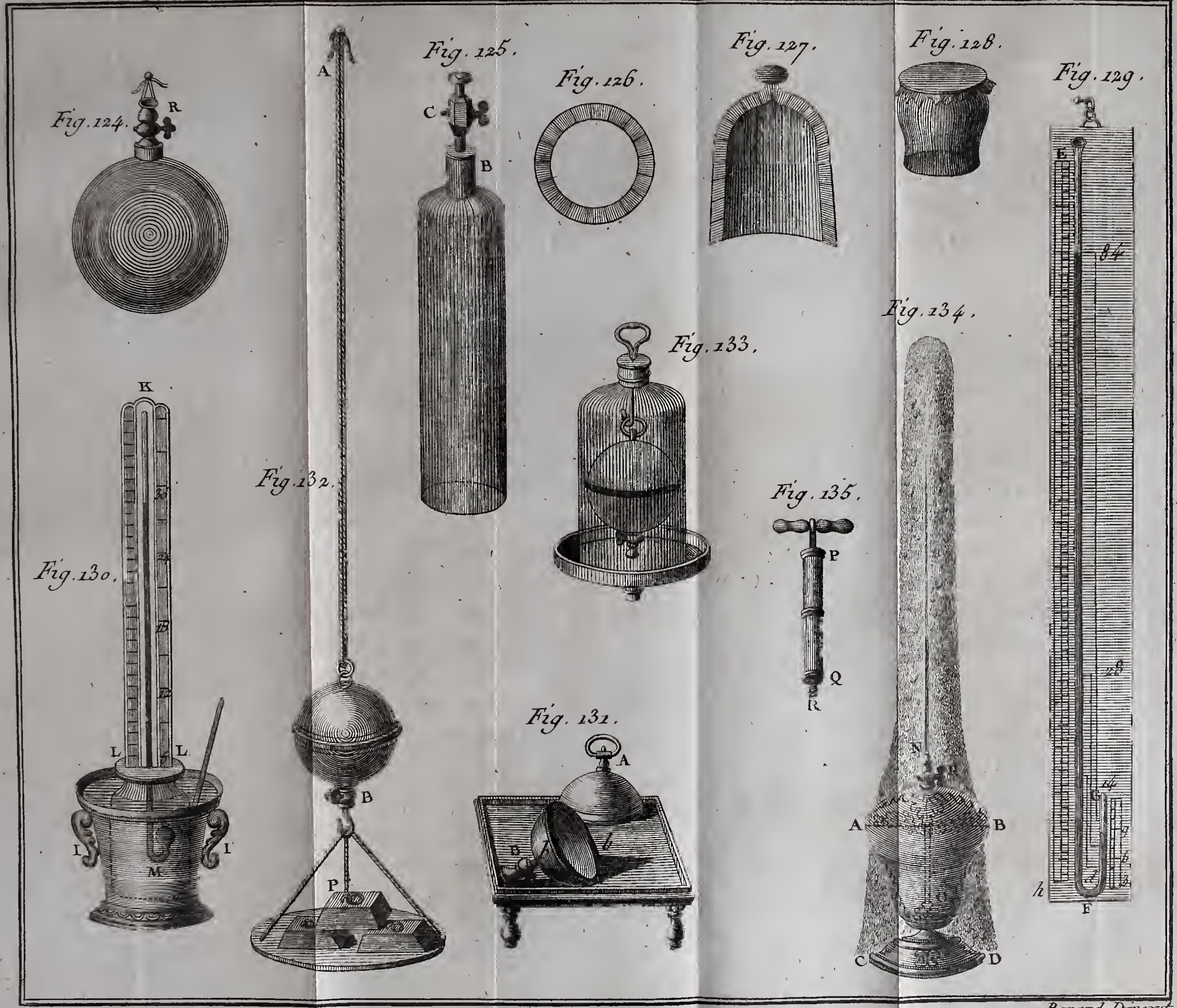
922. Lorsqu'on a fortement comprimé l'air en ANB, dès qu'on ouvre le robinet R, l'eau sort en forme de jet, qui monte d'abord à la hauteur de 25 ou 30 pieds : mais comme cet air, qui chasse l'eau, augmente de volume, & par conséquent diminue de densité, à mesure que le vaisseau se vide, son ressort s'affoiblit de plus en plus & dans le même rapport (911) ; & par cette raison, le jet en devient toujours de moins en moins élevé.

923. On peut employer utilement, à l'élévation de l'eau, le ressort de l'air comprimé par une colonne d'eau. *Héron* d'Alexandrie, qui vivoit 120 ans avant Jésus-Christ, a le premier employé ce moyen, comme on peut le voir par sa fontaine, qui est composée de deux boîtes de métal AB, EF (*fig.* 136.), auxquelles on donne telle forme que l'on veut, & qui sont réunies par des tuyaux de même matiere CD, IK, ML, & surmontées d'un bassin GH ; le tout porté sur un pied quelconque. Le bassin GH communique à la boîte supérieure AB par le tuyau CD, ouvert en D, & qui porte en C un ajutage qu'on y visse au besoin ; lequel tuyau, se vissant au fond du bassin, peut s'ôter & se remettre en place, *Fig.* 136.

ſelon que cela eſt néceſſaire. Le même baſſin GH communique à la boîte inférieure EF par le tuyau IK, ouvert aux deux bouts, & qui ſe rend juſque vers le fond de la boîte. Enfin les deux boîtes communiquent enſemble par le tuyau ML, auſſi ouvert aux deux bouts, & qui traverſe la boîte ſupérieure AB dans preſque toute ſa hauteur. Pour mettre cette fontaine en jeu, on emplit d'eau, juſqu'aux trois quarts, la boîte ſupérieure AB, en déviſſant le tuyau CD, qu'on remet enſuite à ſa place. Après quoi on met de l'eau dans le baſſin GH, de maniere à en tenir toujours plein le tuyau IK.

924. Cette colonne d'eau, qui tend à ſe répandre dans la boîte inférieure EF, comprime par ſon poids la maſſe d'air dont elle eſt remplie. Cet air, ainſi comprimé, s'échappe par le tuyau LM, & va déployer ſon reſſort ſur la ſurface AB de l'eau qui eſt dans la boîte ſupérieure: enfin cette eau, comprimée par le reſſort de l'air, s'échappe en forme de jet par le tuyau DC, à l'extrémité C duquel on place l'ajutage, qu'on peut percer, ſi l'on veut, de pluſieurs trous, pour former une gerbe d'eau.

925. On voit que, de cette maniere-là, l'eau de la boîte ſupérieure AB paſſe dans le baſſin GH, & va, de ce baſſin, dans la boîte inférieure



Benard Direxit.

EF, en entretenant toujours plein le tuyau IK. Après l'opération, on vide la boîte inférieure par le robinet R qui est dessous.

926. Il est aisé de concevoir qu'au lieu de former un jet, on pourroit, par le même moyen, élever de l'eau à une certaine hauteur, suivant les circonstances. Pour cela, il faut avoir un lieu élevé, à mi-côté duquel se trouve une source un peu abondante. Des deux boîtes, qu'on pourroit faire en bois & godronnées, on placera la supérieure un peu au dessous de la source, par le moyen de laquelle on lui fournira de l'eau, qui sera celle qu'on voudra élever; & dans le bas, on placera la boîte inférieure. On fera communiquer les deux boîtes par des tuyaux, comme nous l'avons indiqué ci-dessus (923); & au lieu du tuyau DC, qui porte l'ajutage, on mettra à sa place un tuyau montant, qui aura une hauteur un peu moindre que la distance perpendiculaire qui se trouve entre les deux boîtes. Ce tuyau montant, étant bien vissé à la boîte, on laissera couler la source, de maniere à tenir toujours plein le tuyau analogue au tuyau IK. On voit qu'ainsi l'eau de la boîte supérieure, au lieu de s'élever en forme de jet, se portera par le tuyau montant à la hauteur où l'on veut l'élever. On pourroit par-là élever la quatrieme ou cinquieme partie de l'eau que fournit la source.

Quand l'eau de la boîte ſupérieure eſt portée dans le haut, on y en remet de nouvelle; & l'on va vider celle qui eſt paſſée dans la boîte inférieure. Enſuite, en laiſſant couler la ſource ſur l'ouverture du tuyau I K, le jeu de la machine recommence.

927. On ſe ſert encore du reſſort de l'air, pour rendre continu l'écoulement d'une pompe qui n'a qu'un piſton, comme nous l'avons expliqué ci devant (428 & 429), en parlant de la pompe d'incendie.

928. La chaleur, appliquée à une maſſe d'air, produit ſur elle un de ces deux effets : 1°. elle en augmente le volume, ſi ce volume eſt libre de s'étendre : 2°. ſi la maſſe d'air eſt retenue par des obſtacles, de maniere que ſon volume ne puiſſe pas s'étendre, la chaleur en augmente le reſſort, & cela d'autant plus que la preſſion, qu'éprouve la maſſe d'air, eſt plus grande.

929. 1°. *La chaleur augmente le volume de l'air*, ſi ce volume eſt libre de s'étendre. Pour vous en aſſurer, prenez un tube de verre, de 15 pouces de long, dont le diametre intérieur ſoit bien égal dans toute ſa longueur, afin que des longueurs égales donnent des capacités ſemblables; & que ce tube ſoit ſcellé hermétiquement par un bout. Plongez ce tube de toute ſa hauteur, le bout ouvert en en-haut, dans de l'eau

bouillante, faiſant en ſorte qu'il n'entre aucune humidité dans ſon intérieur. Quelques momens après, retirez le tube de l'eau, & plongez ſon bout ouvert dans du mercure un peu chaud, afin qu'il ne faſſe pas caſſer le tube : tenez-le ainſi quelque temps dans une ſituation preſque horizontale. A meſure que le tout ſe refroidira, on verra le mercure paſſer dans le tube. Pour avoir un ſecond terme de température fixe, entourez de glace pilée la portion du tube qui contient l'air. Lorſqu'elle ſera refroidie au terme de la glace, le tiers de la longueur du tube ſera rempli de mercure, & les deux tiers ſeront pleins d'air. Et ſi l'on faiſoit paſſer de nouveau le tube à la chaleur de l'eau bouillante, l'air, qui n'en remplit que les deux tiers, le rempliroit tout entier. Donc, 1°. *la chaleur augmente le volume de l'air :* donc, 2°. *un volume d'air, comprimé par le poids de l'athmoſphere, & condenſé par le froid de la glace, eſt au volume du même air, raréfié par la chaleur de l'eau bouillante, comme* 2 *eſt à* 3. Si la chaleur étoit double de celle de l'eau bouillante, alors le volume de l'air condenſé par la glace, ſeroit au volume du même air raréfié par cette chaleur, comme 1 eſt à 3, &c.

930. Ces réſultats ſont ſuſceptibles de quelques variations, ſuivant la hauteur du mercure dans le barometre, c'eſt-à-dire, ſuivant la valeur

de la pression de l'athmosphere, pendant l'expérience (305). Les variations seroient beaucoup plus grandes, si l'on employoit un air humide; ce qu'il faut éviter le plus qu'on pourra.

931. Il suit de là que, si l'on chauffe un vase plein d'air, il s'en vide en partie. C'est le moyen que l'on prend, quand on veut faire passer une liqueur dans un vase qui n'a qu'une très-petite ouverture, à laquelle on ne peut pas mettre un entonnoir. En chauffant le vase, on raréfie l'air qu'il contient, & par-là on lui en fait perdre une partie. Ensuite on plonge l'orifice dans la liqueur; à mesure que l'air intérieur se condense en se refroidissant, la pression de l'air extérieur y porte la liqueur.

932. 2°. *La chaleur augmente le ressort de l'air, à proportion de la pression qu'il éprouve, si son volume ne peut pas s'étendre.* Supposons un tube
Fig. 137. de verre AB (*fig.* 137.) de 50 pouces de long, qui ait intérieurement au plus une ligne de diametre, recourbé en DBC, & terminé par une boule creuse & mince C, qui ait 4 ou 5 pouces de diametre. On fixe ce tube sur une planche AD graduée en pouces & en lignes. On y fait couler du mercure autant qu'il en faut pour remplir la courbure, de maniere que, l'instrument étant posé verticalement, le mercure se trouve de niveau, dans l'une & l'autre branche, suivant

la ligne ponctuée DC. On voit bien qu'il faut, pour cela, que l'air de la boule soit de même densité que l'air extérieur dont il soutient la pression (905). Supposons que, dans le temps de l'expérience, cette pression soit égale à celle d'une colonne de mercure de 28 pouces. Si l'on plonge dans l'eau bouillante la partie inférieure de l'instrument, de maniere que la boule C en soit entiérement couverte, le mercure s'éleve dans la longue branche de 9 pouces 4 lignes au dessus de son niveau. Or 9 pouces 4 lignes sont le tiers de 28 pouces. Si, après avoir laissé refroidir le tout, on ajoute, dans la longue branche, une colonne de mercure de 28 pouces au dessus de son niveau, on aura doublé la pression qu'éprouve l'air de la boule, & par conséquent sa densité (901). Que l'on plonge de nouveau la boule dans l'eau bouillante, le mercure s'élevera de 18 pouces 8 lignes au dessus du point où il étoit avant l'immersion; lesquels 18 pouces 8 lignes sont le tiers de 56 pouces, mesure de la pression de l'air de la boule. De sorte que cet air fait alors, par son ressort, équilibre à une puissance égale au poids de 74 pouces 8 lignes de mercure; savoir, au poids de l'athmosphere égal à 28 pouces de mercure, au poids des 28 pouces ajoutés, & au poids des 18 pouces 8 lignes soulevés. Donc, 1°. *la chaleur augmente le ressort de*

l'air. Donc, 2°. *la chaleur de l'eau bouillante augmente le ressort de l'air d'une quantité égale au tiers de la pression qu'il éprouve*; puisque, quand il éprouve une pression double, son ressort est augmenté d'une quantité double. Si l'on appliquoit à cet air une chaleur double de celle de l'eau bouillante, son ressort seroit augmenté d'une quantité égale aux deux tiers de la pression qu'il éprouveroit, &c.

933. Dans ces expériences, il s'en faut de quelques petites choses que le mercure ne s'éleve aux hauteurs que nous avons indiquées. Cela vient de ce que le volume de l'air de la boule s'étend un peu, pour deux raisons : 1°. parce que le mercure qui s'éleve dans la longue branche, est pris aux dépens de celui qui est dans la courte, ce qui laisse à l'air de la boule un peu de place pour s'étendre : 2°. parce que, comme nous le verrons ci-après (1135), la capacité de la boule devient plus grande dans l'eau chaude. La densité de son air diminue donc un peu ; c'est pourquoi la force de son ressort n'est pas tout-à-fait autant augmentée qu'elle le seroit sans cela. Mais la différence est très-peu de chose.

934. Il suit de ce que nous venons de dire ci-dessus (932), que *le ressort d'une même masse d'air augmente de quantités différentes, suivant les différens degrés de chaleur auxquels elle se*

trouve exposée. C'est sur ce principe qu'est fondée la construction du thermometre d'air d'*Amontons*, qui est le premier où les degrés de chaleur se soient rapportés à un terme connu. (*Mém. de l'Acad. an.* 1702, *p.* 155.)

935. Il est aisé maintenant de sentir la raison pour laquelle l'air d'une chambre, échauffée par un poêle, quoique raréfié par la chaleur, fait cependant équilibre à la pression de l'athmosphere. Cela vient de ce que la chaleur, qui diminue la densité de l'air, augmente en même temps son ressort, & l'augmentation de l'un compense la diminution de l'autre.

936. L'*air athmosphérique est non seulement le fluide essentiel à l'entretien de la vie des hommes & des animaux; mais il est encore le plus approprié à cette fonction.* Nous avons fait voir ci-dessus (643) que l'air de l'athmosphere est composé d'une partie d'un fluide essentiel à la respiration des hommes & des animaux, & de trois parties d'une mofette, qui, si elle étoit seule, seroit capable de les suffoquer. Nous avons prouvé de plus (662), que cette partie essentielle à la respiration, & qui est l'air pur ou vital, est la seule qui y soit propre : parce que sa base (l'*oxigène*), ayant une très-grande affinité avec une matiere charbonneuse qui se trouve dans le sang & les poumons, se combine très-aisément avec elle, & , par-là ,

abandonne une portion de la grande quantité de calorique qui entre dans sa composition ; lequel calorique demeure pour l'entretien de la vie, à laquelle il est essentiel. Les bases des autres fluides élastiques, ne jouissant point de cette grande affinité avec le carbone, n'abandonnent point ainsi leur calorique, & ne peuvent par conséquent servir à l'entretien de la vie. Donc l'*air pur est le seul propre à cette fonction.* Nous avons fait voir aussi (663) que cet air pur, si propre à l'entretien de la vie, si nous le respirions seul, pourroit nous la faire perdre en assez peu de temps, à cause de la trop grande quantité de calorique dont il imprégneroit tout notre être, ce qui pourroit nous causer une fievre ardente, & occasionner une inflammation aux poumons. Il nous est donc essentiel de respirer de l'air pur ; mais il ne faut pas qu'il soit trop abondant. Il faut que son activité soit tempérée par un autre fluide, qui n'abandonne pas, comme lui, son calorique : de même que nous tempérons, par le moyen de l'eau, la force des liqueurs spiritueuses. Or ce fluide est le gas azotique (673), qui compose environ les trois quarts de l'air athmosphérique, & qui non seulement sert à tempérer l'activité de l'air pur, mais dont la base (l'*azote*) entre dans la composition des chairs, & sert à les animaliser (676). De tout

ce que nous venons de dire, il ſuit, ce que nous avons avancé, que l'*air athmoſphérique eſt non ſeulement le fluide eſſentiel à l'entretien de la vie des hommes & des animaux, mais qu'il eſt encore le plus approprié à cette fonction.*

937. Il ne doit donc pas être étonnant que, lorſqu'on met un animal ſous un récipient appliqué à la machine pneumatique, & qu'on y fait le vide, cet animal périſſe. On le prive du fluide qui peut ſeul lui fournir le principe de la vie.

938. Tous les animaux ne périſſent pas dans le vide auſſi promptement les uns que les autres. Les uns, tels que ceux qui ont deux ventricules au cœur, comme les hommes, les quadrupedes, les oiſeaux, & probablement les cétacées, y périſſent au bout de quelques minutes. Les autres, tels que ceux qui n'ont qu'un ventricule au cœur, comme les reptiles & les poiſſons, ſoutiennent, ſans périr, un vide de pluſieurs heures. Sans doute que les premiers ont beſoin d'une quantité de calorique beaucoup plus conſidérable que n'en exigent les ſeconds.

939. Dans le vide, à la privation de l'air, ſe joint une autre cauſe qui y fait périr les animaux plus promptement qu'ils ne feroient ſans cela. C'eſt la dilatation de l'air logé dans les différentes cavités du corps, ainſi que celle de l'air

qui ſe trouve dans ſes pores des fluides. Cet air, n'étant plus ſoumis à la preſſion de l'athmoſphere, ſe dilate par la force de ſon reſſort (905), diſtend, s'il ne trouve pas d'iſſue, les parties qui le contiennent, & ſouvent les déchire. On a ſouvent trouvé des vaiſſeaux rompus dans la poitrine des animaux qui étoient reſtés quelque temps dans le vide. Il arrive auſſi quelquefois aux animaux qu'on tient dans le vide, d'avoir des nauſées, & de ſe vider par le haut & par le bas : car l'air de l'eſtomac & des inteſtins, venant à ſe dilater, chaſſe devant lui les alimens non digérés & les excrémens qui lui ferment le paſſage.

940. Les animaux qui vivent toujours dans l'eau, ont beſoin d'air comme les autres. Auſſi les poiſſons ſavent-ils s'approprier celui qui eſt diſſéminé dans l'eau ; & ils s'élancent ſouvent à la ſurface, pour en prendre de nouveau & en plus grande quantité. S'ils meurent dans les étangs ſous la glace, il n'eſt pas douteux que c'eſt faute d'air ; car ils ne périſſent pas, ſi l'on a ſoin de rompre, en quelque endroit, les glaçons. Dans des circonſtances ſemblables, les animaux n'ont pas à craindre la dilatation de l'air logé dans les différentes cavités de leurs corps (939), parce qu'ils demeurent expoſés à la preſſion de l'athmoſphere. Quand la privation d'air n'eſt pas d'une

trop longue durée, on peut encore les rappeler à la vie : c'eſt ce qui arrive ſouvent à l'égard des noyés, & de ceux qui ne ſont que ſimplement aſphixiés.

941. L'*air qui a ſervi un certain temps à la reſpiration, n'eſt plus propre à l'entretien de la vie.* Car, comme nous l'avons dit ci-deſſus (662), l'air pur, qui eſt la ſeule portion de l'athmoſphere qui y ſoit propre, ſe décompoſe dans la poitrine, & s'y change en gas acide carbonique (735), qui eſt un fluide ſuffoquant. C'eſt pourquoi, quand on ſe trouve pluſieurs perſonnes renfermées dans un lieu étroit & trop exactement clos, peu de temps après on y reſpire mal à ſon aiſe, ſi l'on n'a pas ſoin d'ouvrir, pour prendre de nouvel air. Il eſt même aſſez commun de trouver ſa reſpiration gênée, dans des lieux même vaſtes & ouverts de pluſieurs côtés, lorſqu'il s'y trouve beaucoup de monde raſſemblé, & pluſieurs lumieres, car chaque perſonne uſe une portion d'air aſſez conſidérable en peu de temps; & chaque lumiere en uſe à peu près autant qu'un homme. Il eſt donc bon de renouveler, le plus qu'on peut, l'air que l'on reſpire. On en a fourni pluſieurs moyens, parmi leſquels on peut choiſir.

942. *L'air, & principalement l'air pur, eſt eſſentiel à la combuſtion des corps :* de ſorte que les matieres les plus combuſtibles ne peuvent

s'enflammer qu'en contact avec l'air ; & celles qui sont déjà enflammées, s'éteignent promptement, si elles manquent d'air. Cela vient de ce que, comme nous l'avons dit ci-devant (664), la combustion n'est autre chose qu'une combinaison de l'oxigène (base de l'air pur) avec le corps combustible. Si cet oxigène manque, la combustion ne peut donc pas avoir lieu. Voilà pourquoi tous les corps combustibles, ou ne s'enflamment pas, ou s'éteignent promptement dans le vide d'air. Ces mêmes corps ne s'enflamment jamais, ou s'éteignent subitement, s'ils sont déjà embrasés, lorsqu'on les plonge dans quelques-uns des fluides élastiques, autres que l'air pur ou l'air athmosphérique (671 *& suiv.*). Encore, dans ce dernier, n'y a-t-il que l'air pur, qui en fait environ le quart, qui soit propre à la combustion (643). Lorsque ce quart est usé, le corps qui y brûloit s'éteint, si l'air ne se renouvelle pas : aussi fait-on cesser un incendie, si le lieu où il a commencé peut être bouché de toutes parts ; pourvu cependant que ses parois soient assez fortes pour résister aux efforts des vapeurs produites par le commencement de l'incendie.

943. *L'air se loge dans les pores de presque toutes les substances*, sur-tout dans ceux qui sont les plus ouverts, & vers la surface. Il y a quatre moyens d'extraire l'air ainsi logé dans les pores

des corps. Le premier eſt de les faire chauffer fortement : le ſecond eſt de les faire refroidir conſidérablement : le troiſieme eſt de les tenir pendant quelque temps dans le vide d'air : le quatrieme eſt de les diſſoudre dans quelques menſtrues.

944. 1°. En chauffant un corps, on fait ſortir, au moins en grande partie, l'air qui eſt logé dans ſes pores. La chaleur augmente le volume de l'air (929) : ce volume augmenté ne peut être contenu dans les pores, qui n'ont pas augmenté en capacité proportionnellement à la raréfaction de l'air : il faut donc qu'il en ſorte une grande partie. En effet, on voit & l'on entend ſortir l'air des viandes & des fruits qu'on fait cuire, du bois qu'on fait brûler, des liqueurs qu'on fait bouillir. Dans ce dernier cas, on voit l'air, qui, en ſe raréfiant par la chaleur, ſe forme en bulles au milieu de la liqueur, la traverſe & vient ſortir à ſa ſurface.

945. 2°. En faiſant refroidir conſidérablement un corps, on fait ſortir une partie de l'air qui eſt logé dans ſes pores. Tous les corps qui ſe refroidiſſent, ſe condenſent ; leurs parties ſe rapprochent les unes des autres (23) : cela ne peut pas arriver ſans que les interſtices, qui ſe trouvent entre leurs parties, deviennent plus petits, ſans que leurs pores ſe rétréciſſent ; ce qui oblige

une partie de l'air qui y étoit contenu, d'en ſortir, comme on fait ſortir l'eau des pores d'une éponge mouillée, lorſqu'on en rapproche les parties en la preſſant.

946. 3°. L'air qui eſt logé dans les pores des corps, s'en dégage, lorſqu'on tient ces corps pendant quelque temps dans le vide. Mettez, dans un vaſe de verre plein d'eau claire, différens corps, tels qu'un morceau de bois, une pierre tendre, ou tout autre corps ſolide & fort poreux, de maniere qu'ils ſoient entiérement plongés : placez ce vaſe ſur la platine de la machine pneumatique, & le couvrez d'un récipient. A meſure que vous ferez agir la pompe, pour tirer l'air du récipient, vous verrez ſortir du corps plongé une grande quantité de bulles d'air, qui traverſent l'eau, vont crever à ſa ſurface & ſe mêler à l'air qui reſte dans le récipient. Donc l'air ſe dégage alors des pores.

947. L'air qui eſt dans les pores des corps, eſt auſſi denſe que celui de l'athmoſphere, puiſqu'il en ſoutient la preſſion (900). Si-tôt qu'on le débarraſſe d'une partie de cette preſſion, en le tenant dans le vide, il ſe dilate par la force de ſon reſſort (905), & ſort des pores en quantité d'autant plus grande, qu'on approche davantage du vide parfait, comme on le voit, en l'obligeant de traverſer de l'eau ; car s'il paſſoit immédiate-

ment

ment dans l'air du récipient, on ne le verroit pas. Cet air qui ſort des pores, prend toujours la forme de globules ſphériques : c'eſt ce qui arrive à tout fluide qui eſt preſſé également dans tous les ſens par un autre fluide.

948. Tant que ce corps demeure dans le vide, la petite portion d'air dilaté qui eſt demeurée dans ſes pores, ſoutient par ſon reſſort la preſſion de l'eau qui entoure le corps. Mais ſi-tôt qu'on laiſſe réagir la preſſion de l'athmoſphere, en faiſant rentrer l'air ſous le récipient, cet air dilaté ſe condenſe de nouveau, & cette nouvelle preſſion fait entrer, dans les pores, de l'eau à la place de l'air qui en eſt ſorti; de ſorte que le corps s'en trouve imbibé ſouvent juſqu'au centre.

949. L'air ſe dégage auſſi des pores des liqueurs que l'on tient quelque temps dans le vide. Mettez différentes liqueurs ſous un récipient, & y faites le vide. A meſure que vous tirerez l'air du récipient, celui qui eſt dans les pores de la liqueur ſe réunira en bulles, qui augmenteront en nombre & en grandeur, & qui traverſeront la liqueur ſouvent avec aſſez de rapidité pour en ſoulever une portion, de maniere à faire paroître une ébullition aſſez ſemblable à celle qui eſt produite par l'action du feu. C'eſt ce qui arrive, lorſque la liqueur eſt

facile à diviser, tels que le sont l'esprit-de-vin & l'eau. Mais lorsque la liqueur est visqueuse, comme la biere, les bulles d'air, ne pouvant crever leurs enveloppes, emportent, en s'élevant, la liqueur en forme de mousse. C'est toujours, comme ci-dessus (947), en supprimant la pression de l'athmosphere, qu'on donne lieu à l'air qui est dans les pores de la liqueur, de se dégager.

950. 4°. L'air qui est logé dans les pores des corps, s'en dégage, lorsqu'on fait dissoudre ces corps dans quelques menstrues. Les molécules du corps à dissoudre, désunies & subdivisées par le dissolvant, laissent libres & isolées les particules d'air qu'elles renfermoient entre elles : ces particules s'échappent donc avec facilité. C'est ce que l'on voit aisément, si l'on couvre, d'un vase plein d'eau, du sel ou du sucre : on voit, pendant presque tout le temps de la dissolution, les bulles d'air s'élever au haut du vase ; & quelquefois leur volume égale presque celui du sel ou du sucre qu'on a fait dissoudre.

951. Les Anciens, lorsqu'ils ont décomposé les corps par distillation, fermentation ou combustion, ont cru en extraire des quantités considérables d'air, & dont le volume, quoique soumis à la pression de l'athmosphere, surpassoit un très-grand nombre de fois celui des corps mis

en expérience. Ils étoient dans l'erreur. 1°. Souvent ces fluides n'étoient point de l'air ; c'étoient quelques-uns des fluides élaſtiques, dont nous avons traité ci-devant, *Chapitre X*. 2°. Ces fluides n'étoient point contenus dans les ſubſtances qui paroiſſoient les fournir ; il n'y avoit que leurs baſes (609) qui, en ſe combinant avec la matiere de la chaleur ou le calorique, prenoient l'apparence aériforme.

952. Lorſqu'on a fait ſortir l'air des pores d'un corps, ſi on l'expoſe de nouveau à l'air libre, il reprend plus ou moins promptement ce qu'il a perdu. M. *Mariotte* (*Eſſai ſur la nat. & les prop. de l'air, pag.* 163) s'eſt aſſuré de ce fait par une expérience fort ſimple. Après avoir purgé d'air une certaine quantité d'eau, 1°. en la faiſant bouillir (944) ; 2°. en la tenant pendant quelque temps dans le vide (946) ; il en remplit une petite fiole, & la renverſa, le goulot en en-bas, dans un vaſe plein de la même eau, ayant auparavant eu ſoin de faire paſſer dans le haut de la fiole une bulle d'air de la groſſeur d'une aveline. Peu à peu il vit diminuer de groſſeur cette bulle d'air, qui diſparut enfin tout-à-fait au bout d'environ trois jours : ce qui prouve évidemment que cette bulle d'air s'étoit inſinuée peu à peu dans les pores de cette eau, qui ſe trouvoient vides de ſa propre ſubſtance.

Il eſt probable qu'il en arrive autant à toute autre matiere, avec ſeulement des variétés dans la quantité d'air rentré, & dans le temps qu'il met à y rentrer. On conçoit aiſément qu'un corps purgé d'air, & expoſé de nouveau à l'air libre, doit être conſidéré comme une éponge qu'on a fortement preſſée, & qu'on applique enſuite à la ſurface d'une liqueur. On ſait qu'en pareil cas la liqueur s'inſinue dans les pores de l'éponge : de même l'air, aidé ſur-tout par la preſſion de l'athmoſphere, s'inſinue dans les pores du corps qui en eſt purgé.

L'Air conſidéré comme athmoſphere terreſtre.

953. En quelque endroit que nous nous trouvions ſur la terre, nous rencontrons de l'air partout; en quelque climat que ce ſoit, ſur la cime des plus hautes montagnes, comme dans les plus profondes vallées. La terre eſt donc entiérement enveloppée d'air. C'eſt cette enveloppe qu'on appelle *athmoſphere terreſtre*, qui peſe vers le centre de la terre & ſur ſa ſurface (301); qui eſt emportée avec elle, en participant à ſon mouvement diurne & à ſon mouvement annuel, qui a beaucoup de part au mécaniſme de la Nature, par toutes les propriétés que nous allons détailler.

954. *L'athmoſphere eſt un fluide mélangé d'une*

grande quantité de fubftances étrangeres. Quand nous n'aurions pas un grand nombre de faits propres à nous convaincre de cette vérité, le raifonnement feul fuffiroit pour nous y conduire. Car c'eft une opinion généralement reçue, que rien de tout ce qui a été créé, ne s'anéantit; & cependant nous voyons tous les jours une infinité de fubftances fe diffiper & difparoître à nos yeux. Que deviennent-elles, fi elles ne paffent pas dans l'air? Les liqueurs qui s'évaporent, quelquefois jufqu'à ficcité; toutes les particules qui viennent continuellement frapper notre odorat, en abandonnant les fubftances qui les fourniffent; tout ce qui émane, foit en flamme, foit en fumée, des corps qui brûlent; en un mot, tout ce qui s'exhale de la terre & des eaux, des animaux & des plantes, entre dans l'athmofphere, & en forme un fluide chargé d'exhalaifons & de vapeurs. Et comme en tous temps & en tous lieux on ne rencontre pas toujours les mêmes fubftances, fon état doit varier fuivant les temps & les lieux.

955. Nous pouvons confidérer l'athmofphere fous deux afpects différens: 1°. comme un fluide en repos, du moins refpectivement à nous; car fes parties font dans un mouvement continuel, par la chaleur qui les raréfie, par le froid qui les condenfe, par les vents qui les font changer de place, &c.: 2°. comme un fluide agité.

L'Athmoſphere conſidérée comme un fluide en repos.

956. Nous avons prouvé ci-devant (301) que l'air eſt un fluide peſant : or c'eſt l'air qui compoſe l'áthmoſphere ; donc l'*athmoſphere eſt peſante.* Mais ſa peſanteur eſt celle d'un fluide ou d'une liqueur ; *elle doit donc croître ou diminuer ſelon la hauteur perpendiculaire des colonnes, & ſelon la largeur de leur baſe* (294). C'eſt en effet ſuivant cette proportion qu'elle agit ſur la terre & ſur tous les corps qui ſont à ſa ſurface. On s'en eſt aſſuré par l'expérience ſuivante, imaginée par *Paſchal*, & exécutée au *Puy-de-Dome* par M. *Perrier*, ſon beau-frere.

957. Nous avons fait voir (301) que c'eſt le poids de l'athmoſphere qui ſoutient le mercure ſuſpendu dans le tube de *Toricelli*, ou, ce qui eſt la même choſe, dans le barometre. M. *Perrier* porta donc le tube de *Toricelli*, fixé ſur une planche graduée en pouces & en lignes, au Puy-de-Dome ; & obſerva qu'à meſure qu'il s'élevoit vers le ſommet de la montagne, le mercure s'abaiſſoit dans le tube ; & qu'au contraire, il s'élevoit dans le tube, à meſure qu'il deſcendoit vers le pied de la montagne. La colonne de mercure, ſoutenue par le poids de l'athmoſphere, étoit donc plus longue dans le bas que dans le haut. Or, quelque étendue qu'on ſuppoſe à

l'athmosphere au dessus de la surface de la terre, nous devons croire qu'elle forme autour de notre globe une enveloppe dont la superficie est uniforme & à peu près sphérique, puisque toutes ses parties tendent également vers le centre : de même que la superficie de l'eau paroît plane, quelque figure qu'ait le fond du vase qui la contient. Cela étant ainsi, les colonnes d'air, à compter depuis la superficie de l'athmosphere jusqu'à l'endroit où elles rencontrent la terre, seront plus ou moins longues, selon le plus ou le moins d'élévation du lieu où elles aboutissent. Celles qui aboutissent au pied de la montagne sont donc plus longues, & par conséquent plus pesantes que celles qui aboutissent à son sommet : c'est pourquoi ces dernieres soutiennent le mercure à une hauteur moindre que celle à laquelle le soutiennent les autres.

958. Pour savoir en quoi consiste ce plus ou ce moins, il faut choisir un lieu élevé & accessible, dont on puisse aisément mesurer la hauteur perpendiculaire, & cela à différentes stations. On a deux barometres bien comparables entre eux : on en laisse un dans le bas, avec un observateur attentif à remarquer s'il n'arrive point quelque variation dans la hauteur du mercure, pendant qu'un autre observateur porte lentement l'autre barometre vers le haut. A mesure que

ce second observateur monte, le mercure s'abaisse dans le tube : à chaque fois que le mercure est abaissé d'une ligne, on mesure la hauteur perpendiculaire du lieu où se fait la station. Cette expérience ayant été faite plusieurs fois, en différens temps, en différens lieux, & par différens Physiciens, la hauteur perpendiculaire de la colonne d'air répondante à 1 ligne de mercure, s'est trouvée, par un terme moyen, d'environ 12 $\frac{1}{2}$ toises ou 75 pieds On suppose que la hauteur du barometre laissé dans le bas n'a pas varié pendant l'expérience ; car s'il s'y trouvoit quelque variation, cela prouveroit qu'il y en auroit eu dans la pression de l'air, dont il faudroit tenir compte avant de déterminer le résultat.

959. Mais comme l'air de l'athmosphere est un fluide compressible, & qu'il se comprime par son propre poids (899), il est clair que l'*athmosphere n'a pas une densité uniforme dans toute son étendue* ; que les couches supérieures, pesant sur les inférieures, doivent nécessairement resserrer & condenser de plus en plus ces dernieres. Il suit de là que les colonnes d'air, répondantes à chaque ligne d'abaissement du mercure, doivent être d'autant plus longues, qu'elles sont prises à une plus grande distance de la surface de la terre. C'est en effet ce qu'on a observé :

mais jusqu'à une hauteur de 1000 ou 1200 toises au dessus du niveau de la mer, les différences sont très-peu considérables : sans doute parce que la grande quantité de corps étrangers, dont l'air est chargé dans la région basse, & le grand poids qui le comprime, rendent sa densité presque uniforme. MM. *Cassini*, *Maraldi* & *de Chazelles*, après un grand nombre d'expériences qu'ils ont faites en différens temps & en différens lieux, sur diverses montagnes, dont ils avoient mesuré géométriquement les hauteurs, ont jugé que les différentes hauteurs perpendiculaires répondantes en montant à chaque ligne d'abaissement du mercure dans le barometre, croissent chacune d'un pied. Mais ils ont pensé, avec beaucoup de vraisemblance, que cette proportion ne continue point au delà d'une demi-lieue au dessus du niveau de la mer; car, à cette distance de la surface de notre globe, l'air est beaucoup plus pur; son ressort est beaucoup plus libre; & conséquemment ses différens degrés de densité ne dépendent presque plus que de la pression des couches supérieures.

960. Par le même procédé, on pourroit, par le moyen du barometre, connoître, à peu de chose près, les hauteurs perpendiculaires des montagnes moyennes. Il faut toujours supposer qu'on sait à quelle hauteur est le barometre au

niveau de la mer, pendant qu'on fait l'expérience; ou que l'on connoît l'élévation du lieu où se trouve le pied de la montagne, dont on veut mesurer la hauteur. Nous venons de voir (958) qu'on peut compter, depuis le niveau de la mer jusqu'à une demi-lieue de hauteur, 12 $\frac{1}{2}$ toises pour chaque ligne de mercure, en ajoutant 1 pied pour la premiere, 2 pour la seconde, &c. (959). Si donc le pied de la montagne étoit au niveau de la mer, & que le barometre s'y tînt à 28 pouces : si, au haut de la montagne, le barometre n'étoit plus qu'à 23 pouces 6 lignes, cela donneroit 4 pouces 6 lignes, ou 54 lignes de différence; ce qui donneroit pour la hauteur perpendiculaire de la montagne 5535 pieds, ou 922 $\frac{1}{2}$ toises.

961. M. *de Luc* (*Essai sur les différentes modifications de l'athmosphere*) a donné une regle qui paroît plus sûre, pour mesurer la hauteur des montagnes par le moyen du barometre. Il observe la hauteur du barometre au bas & au haut du lieu dont il veut connoître la hauteur. Dans les Tables de Logarithmes, qu'on trouve toutes faites, il cherche ceux de ces hauteurs du barometre exprimées en lignes : *La différence de ces logarithmes donne, en milliemes de toise, la hauteur cherchée.* Ce moyen est, comme l'on voit, bien simple. Il faut pourtant y faire quelques

corrections. La chaleur, qui raréfie tous les corps, & qui varie presque à chaque instant, fait que, pour des pressions semblables, la colonne de mercure du barometre peut être plus ou moins longue, suivant le degré de température dont elle est affectée. M. *de Luc* a regardé comme terme moyen de cette température, pour le mercure, celui de 10 degrés au dessus de zéro du thermometre ordinaire. Il a donc fait, pour corriger la hauteur de son barometre, un thermometre dont le zéro est placé à ces 10 degrés, & qui, de là jusqu'au degré de l'eau bouillante, est divisé en 84. Chaque degré, en plus ou en moins, de ce thermometre, vaut $\frac{1}{16}$ de ligne de mercure, qu'il faut retrancher ou ajouter aux hauteurs observées du barometre, avant d'en prendre les logarithmes. De même le plus ou le moins de chaleur fait que des colonnes d'air de même poids peuvent être plus ou moins longues : pour les ramener toutes à une longueur constante, il a construit un autre thermometre, propre à corriger la température de l'air. Ce thermometre a son zéro placé à 16 $\frac{1}{4}$ degrés du thermometre ordinaire; & de là, jusqu'au degré de l'eau bouillante, il est divisé en 147, & en 39 jusqu'au terme de la glace. C'est avec cet instrument qu'il détermine la température de l'air au bas & au haut du lieu dont il veut connoître

la hauteur. Ces deux températures une fois obſervées, il les additionne, & en prend la moitié : c'eſt cette moitié qu'il appelle le degré moyen du thermometre. Si l'une de ces températures eſt au deſſus du zéro, & l'autre au deſſous, il retranche le terme le plus foible du plus fort ; & le reſte de la ſouſtraction eſt le degré moyen. Toutes ces corrections étant faites, il multiplie la différence des logarithmes par le double du degré moyen du thermometre, & diviſe le produit par 1000. En nommant *a* la hauteur corrigée du lieu, *b* la différence des logarithmes, & *c* le degré moyen du thermometre, on exprime le tout par cette formule $b \pm \frac{b \times 2c}{1000} = a$. La vraie hauteur du lieu eſt donc la différence des logarithmes, plus ou moins le quotient de cette diviſion : plus ce quotient, ſi le degré moyen du thermometre eſt poſitif ; & moins ce quotient, ſi ce degré eſt négatif.

962. Si l'on eſt curieux de connoître la correſpondance des deux thermometres, dont nous venons de parler, avec le thermometre ordinaire, on la trouvera dans mon Dictionnaire de Phyſique, *pl.* 34. Le thermometre ordinaire eſt ſous le numéro I, & les deux autres ſont ſous les numéros XII & XIII.

963. La hauteur juſqu'à laquelle s'étend l'ath-

mosphere au dessus de la surface de la terre, seroit une connoissance intéressante pour nous. Les Physiciens se sont donné beaucoup de peine pour la déterminer. Cela eût été facile par le moyen du barometre, si l'air de l'athmosphere étoit de la même densité dans toute son étendue: mais cela n'est pas (959). Cela ne seroit pas même difficile, si nous connoissions suivant quelle progression l'air se dilate à mesure qu'il s'éloigne de la surface de la terre, & qu'il est moins chargé; mais nous venons de voir (959) que nous n'avons cette connoissance, qui n'est même qu'un à peu près, que jusqu'à la hauteur d'environ une demi-lieue au dessus du niveau de la mer. Les hauteurs du mercure dans le barometre, observées au pied & au sommet des montagnes, ne peuvent donc pas nous donner la hauteur de l'athmosphere, puisque ces observations ne peuvent se faire que dans la partie inférieure, & que nous ignorons quelle est la densité de l'air dans la partie supérieure. C'est ce qui a engagé M. *de la Hire* (*Mém. de l'Acad. an.* 1713, *pag.* 54), d'après une idée de *Kepler*, à se servir d'une méthode plus simple & plus sûre. Cette méthode est fondée sur l'observation des crépuscules (1976). Tous les Astronomes conviennent que le crépuscule commence le matin, lorsque le centre du soleil n'est plus qu'à

18 degrés au dessous de l'horizon, ces 18 degrés pris sur un cercle vertical; & qu'il finit le soir, lorsque le centre du soleil est abaissé de cette quantité. Dans ce cas-là, le rayon solaire, ayant sa direction de bas en haut, va toucher obliquement la surface supérieure de l'athmosphere, & en s'y réfractant arrive jusqu'à la terre. Si l'athmosphere étoit moins haute qu'elle n'est, il faudroit que le soleil fût moins abaissé que 18 degrés au dessous de l'horizon, pour que le crépuscule commençât: & au contraire, si elle étoit plus haute, le crépuscule commenceroit, le centre du soleil étant plus bas que 18 degrés. Il y a donc un rapport nécessaire entre la durée des crépuscules & la hauteur de l'athmosphere. C'est d'après la recherche de ce rapport, que M *de la Hire* a conclu, avec vraisemblance, cette hauteur d'environ 16 lieues. (*Voyez le Mémoire de M.* de la Hire, *cité ci-dessus*). Il est cependant probable que l'air s'étend à une plus grande hauteur; mais qu'en même temps il a, au dessus de 16 lieues, trop peu de densité pour réfracter sensiblement la lumiere.

964. Le poids de la colonne de mercure soutenue dans le barometre par celui de la colonne d'air qui y répond (301), pouvant nous apprendre au juste quelle est la valeur de la pression de l'athmosphere sur une portion donnée de

la surface de la terre, on a cherché à connoître par-là quel est le poids total de l'athmosphere. Mais après bien des calculs, cette connoissance a paru très-difficile & même impossible à acquérir, car elle en exige de préliminaires, que nous n'avons point. Il faudroit, 1°. connoître exactement l'étendue de la surface de la terre; connoissance qu'on n'a point, parce que la terre n'est pas parfaitement ronde (213) : 2°. il faudroit tenir compte de la hauteur de ses inégalités, sans quoi on trouveroit le poids total plus grand qu'il n'est : 3°. connoître les différens degrés de densité de l'air dans les différens climats & dans les différentes parties de l'athmosphere (963) : 4°. avoir égard aux effets de la force centrifuge, qui résulte du mouvement de rotation de la terre sur son axe, & qui diminue les effets de la pesanteur, mais pas également dans tous les lieux (212). On voit combien il seroit difficile de saisir exactement tous ces élémens. Aussi a-t-on abandonné cette question, qui heureusement n'est que de pure curiosité.

965. Il est plus intéressant pour nous de connoître quelle est la pression de l'athmosphere sur la surface de notre corps. Cette pression est énorme; & cependant nous nous en appercevons très-peu (317). Notre corps est pressé, dans tous les points de sa surface, par l'air de l'athmos-

phere, puiſque ce fluide, de même que tous les autres, exerce ſa preſſion dans tous les ſens : & le poids qu'il ſoutient eſt celui d'une colonne d'air dont la baſe eſt égale à la ſurface de notre corps, & dont la hauteur eſt celle de l'athmoſphere. Or le poids de cette colonne d'air eſt égal à celui d'une colonne de mercure de même baſe & de 28 pouces de hauteur (301). D'après cela, il eſt aiſé de connoître la valeur de cette preſſion ſur nous. On ſuppoſe que la ſurface du corps d'un homme de moyenne taille eſt de 15 pieds quarrés, ce qui n'eſt pas fort éloigné de la vérité. Or un pied cube de mercure peſe 949 livres 12 onces 2 gros 13 grains (*Voyez mon Ouvrage ſur la peſanteur ſpécifique des corps*) : une colonne de mercure d'un pied quarré de baſe & de 28 pouces de haut, peſe donc 2216 livres 1 once 7 gros 54 $\frac{1}{3}$ grains ; lequel poids, multiplié par 15 (nombre de pieds quarrés que contient la ſurface du corps d'un homme), donne pour produit 33241 livres 13 onces 4 gros 23 grains. Voilà la preſſion moyenne que nous éprouvons de la part de l'athmoſphere.

966. Mais cette preſſion, qui eſt meſurée par la hauteur du mercure dans le barometre, n'eſt pas conſtante, comme le prouve la variation de cette hauteur. Cette variation eſt de 3 pouces : d'où il ſuit que la plus grande différence entre

les

les différentes preſſions de l'air ſur notre corps, eſt égale au poids d'une colonne de mercure de 15 pieds quarrés de baſe & de 3 pouces de hauteur : lequel poids eſt 3561 livres 10 onces 0 gros 12 $\frac{3}{4}$ grains. C'eſt ſans doute un bien pour nous d'éprouver, de la part de l'air, une auſſi grande preſſion : car lorſque nous nous portons ſur les hautes montagnes, où cette preſſion eſt beaucoup moindre (957), nous nous y trouvons ſouvent mal à notre aiſe.

967. Nous avons fait voir ci-deſſus (954) que l'athmoſphere eſt un fluide mélangé d'une grande quantité de ſubſtances étrangeres qui s'élevent de la terre dans l'air. Toutes les ſubſtances évaporables, en prenant l'état de vapeurs, paſſent dans l'air, & s'y élevent par leur légéreté reſpective. De plus, *l'air eſt un diſſolvant de l'eau :* il y en a toujours une aſſez grande quantité de diſſoute dans ce fluide. Pous vous en aſſurer, faites l'expérience ſuivante.

968. EXPÉRIENCE. Dans un vaſe bien ſec & bien net, mêlez une livre de glace pilée & 6 onces de ſel marin ou muriate de ſoude, ce qui produira un refroidiſſement aſſez conſidérable (1094). Laiſſez quelque temps ce vaſe expoſé dans un lieu où il ne gele pas. Les parois extérieures de ce vaſe ſe couvriront peu à peu d'une aſſez épaiſſe couche de frimas, qui ne ſont autre

chose que l'eau tenue en dissolution par l'air voisin du vase, lequel l'a abandonnée, en se condensant par le froid; de même que de l'eau très-chaude, qui tient beaucoup de sel en dissolution, en abandonne une partie en se refroidissant (1057).

969. On divise en deux classes les matieres qui s'élevent de la terre dans l'air. L'une comprend toutes celles qui tiennent de la nature de l'eau : dans l'autre sont comprises les parties salines, grasses, spiritueuses, &c. auxquelles on donne le nom d'*exhalaisons*. Toutes ces substances, différemment mélangées ou modifiées, prennent différentes formes, & produisent différens phénomenes qu'on nomme *météores*.

970. Les météores sont donc des phénomenes qui ont lieu dans l'athmosphere. On en distingue de trois sortes; savoir, les météores aqueux, les météores lumineux, & les météores enflammés. Nous ne traiterons ici que des météores aqueux : nous parlerons des lumineux en traitant de la lumiere (1435 *& suiv.*); & des enflammés en traitant de l'électricité (2599 *& suiv.*).

971. Les météores aqueux sont tous ceux qui sont produits par l'eau qui se trouve dans l'athmosphere, soit en vapeurs, soit en dissolution. Tels sont le serein, la rosée, la gelée blanche, les brouillards, le givre ou frimas, les nuages,

la pluie, la neige & la grêle. Tous ces météores naissent des mêmes causes, & sont composés de la même matiere différemment modifiée.

972. Pendant le jour, le soleil échauffe la terre, l'eau, l'air, & tout ce qui se trouve exposé à ses rayons. La chaleur communiquée à tous ces corps, se ralentit lorsque le soleil est couché, mais plus promptement dans l'air que dans les matieres qui ont plus de densité; de sorte que les eaux, la terre, & la plupart des corps qui sont à sa surface, conservent cette chaleur plus long-temps, & se trouvent, pendant la nuit, en avoir plus que l'air. Alors la matiere de la chaleur, qui, comme tous les autres fluides, tend à se répandre uniformément par-tout, passe de la terre & des eaux dans l'air, &, se combinant avec les parties les plus subtiles, leur fait prendre l'état de vapeurs, qui s'élevent dans l'air par leur légéreté respective. De plus, l'air, qui s'insinue aisément dans les pores des corps (943), dissout une portion d'eau plus ou moins grande. Toutes ces particules aqueuses, ainsi enlevées, se répandent dans la portion de l'athmosphere la plus voisine de la terre; & jointes à l'eau déjà dissoute que l'air, alors condensé par le refroidissement, peut abandonner & renvoyer vers la terre, elles causent cette humidité, que l'on apperçoit sensiblement sur ses habits, lorsqu'on

ſe promene le ſoir, & à laquelle on a donné le nom de *ſerein.*

973. Si à ces particules aqueuſes ſe trouvent mêlés, comme cela arrive quelquefois, des extraits de différentes ſubſtances, ſoit végétales, ſoit minérales, le ſerein, qui s'en trouve chargé, peut avoir des qualités bonnes ou mauvaiſes, ſuivant la nature de ces ſubſtances. Et comme la Nature ne fournit pas par-tout & en tout temps les mêmes productions, nous devons conclure que le ſerein peut changer de qualités ſuivant les temps & les lieux. Auſſi prétend-on qu'à Rome & à ſes environs, il eſt dangereux de s'expoſer au ſerein, tandis qu'on peut le faire impunément à Paris.

974. Lorſque la terre s'échauffe ſuffiſamment pendant le jour, ce qui arrive ordinairement dans les ſaiſons & les climats chauds, ces particules aqueuſes, qui forment le ſerein, continuent pendant toute la nuit de s'élever de la terre, & demeurent pour un temps ſuſpendues dans la région baſſe de l'air. Mais au lever du ſoleil, la chaleur renaît dans l'athmoſphere, & l'air, en ſe raréfiant, abandonne ces parties aqueuſes, qui retombent alors ſur la terre & ſur tous les corps qui ſont à ſa ſurface, & forment ce qu'on appelle la *roſée.* Il y a une autre ſorte de roſée qui ne retombe pas comme la premiere, quoiqu'elle ſoit

formée de ſubſtances ſemblables, & qui s'élevent pareillement de la terre. Mais ces dernieres, au lieu d'en ſortir immédiatement & de paſſer dans l'air, enfilent les tiges, les branches & les feuilles des plantes, & s'y ramaſſent en gouttes. Pour ſe convaincre de ce fait, on n'a qu'à couvrir le ſoir une plante quelconque, par exemple, un chou ou une laitue, avec une cloche de verre, on la trouvera le matin couverte de roſée, comme le ſeront les plantes voiſines qui ſeront demeurées découvertes; & la cloche de verre ſera elle-même couverte de la roſée tombante.

975. Quand les nuits commencent à devenir longues, comme vers la moitié ou la fin de l'automne, la terre & les corps qui ſont à ſa ſurface, ont le temps de ſe refroidir aſſez pour permettre à la roſée de ſe geler. Les petits glaçons qui en proviennent, & qui ſont fort menus & très-proches les uns des autres, forment alors ce que nous appelons la *gelée blanche*. Il n'eſt point néçeſſaire, pour la produire, que la terre ou les objets terreſtres, ou même l'air, aient acquis le degré de froid qui occaſionne la congélation; il ſuffit qu'ils en ſoient fort près. Ce qui fait geler ces petites gouttes de roſée, qui forment la gelée blanche, eſt ſur-tout le refroidiſſement occaſionné par l'évaporation (1171), laquelle eſt quelquefois très-augmentée par la

premiere action du soleil. Il arrive souvent que la rosée, qui n'est encore que rosée avant que le soleil se leve, devient de la gelée blanche peu d'instans après que cet astre est monté au dessus de l'horizon. Et quand le soleil est alors bien brillant, c'est le cas où la gelée blanche cause le plus de dommage aux plantes & aux fruits; car l'évaporation étant plus considérable, le refroidissement en devient aussi plus grand.

976. Il arrive quelquefois, par certaines dispositions dans l'athmosphere, & par un concours de circonstances assez difficiles à déterminer, qu'il s'éleve une grande quantité de particules aqueuses, qui ne sont qu'imparfaitement dissoutes dans l'air, ou qui ont pris la forme de vapeurs grossieres qui s'étendent uniformément dans la partie basse de l'athmosphere : alors ces particules troublent la transparence de l'air, & forment ce qu'on appelle le *brouillard*. Il suit de là que les brouillards doivent être plus fréquens dans les lieux les plus capables de fournir une grande quantité de ces particules aqueuses. Aussi le sont-ils davantage dans les lieux bas & humides, dans les endroits marécageux, le long des rivieres & des étangs, qu'ils ne le sont dans les endroits secs & élevés.

977. Il arrive quelquefois qu'il se mêle aux brouillards, des exhalaisons qui se manifestent

par une mauvaiſe odeur & par une âcreté qu'on reſſent à la gorge & aux yeux. On prétend qu'alors les brouillards ſont capables de cauſer du dommage aux fruits & aux grains. On leur attribue même ces maladies du blé, connues ſous les noms de *nielle* & de *rouille*. Mais je ſuis bien plus porté à croire que les germes de ces maladies ſont dans le grain même que l'on ſeme; ſoit que ce germe ſoit un virus dont le grain eſt infecté, ſoit que ces maladies proviennent de la piqûre d'un inſecte qui y a dépoſé ſes œufs. Car la liqueur alkaline, employée avec ſuccès pour prévenir ces maladies, eſt du nombre de celles qui peuvent faire périr les inſectes, ou qui peuvent ſans doute détruire ce virus; puiſque la ſemence, préparée avec cette liqueur, produit un blé qui n'eſt plus ſujet à ces maladies, quoiqu'il ſoit expoſé aux mêmes brouillards que ceux auxquels ſont expoſés ſes voiſins. Ce ne ſont donc pas les brouillards qui cauſent ces maladies des blés.

978. Les brouillards ſont plus fréquens dans les ſaiſons & les climats froids, que dans les ſaiſons & les climats chauds, parce qu'alors les particules aqueuſes & les vapeurs, condenſées par le froid de l'air preſque au moment où elles ſortent de la ſurface de la terre ou des eaux, ne peuvent s'élever qu'à une très-petite hauteur,

ou ne peuvent être qu'imparfaitement diſſoutes. Si le froid vient à augmenter, le brouillard ſe géle, & s'attache en petits glaçons aux branches des arbres, aux habits & aux cheveux des voyageurs, aux crins des chevaux, & généralement à tout ce qui s'y trouve expoſé, & forme ce que l'on appelle le *givre* ou *frimas*. Le givre differe de la gelée blanche, à laquelle il reſſemble cependant beaucoup, en ce qu'il n'a jamais lieu que lorſque la température de l'air eſt à la congélation ou au deſſous : au lieu qu'il y a ſouvent de la gelée blanche, quoique la température de l'air ſoit un peu au deſſus de la congélation (975).

979. Lorſque les brouillards s'élevent aſſez haut dans l'athmoſphere, & qu'il s'y en fait des amas, ſoit par quelque condenſation de l'air, ſoit par l'impulſion des vents, &c. cela forme ce que nous appelons les *nuages*, qui flottent à différentes hauteurs dans l'air, avec lequel ils ſont en équilibre. Et comme l'air a d'autant plus de denſité qu'il eſt plus près de la ſurface de la terre (959), il n'eſt pas étonnant que ces nuages épais, qui ſont prêts à fondre en pluie, ſoient ordinairement fort bas. Il n'y a que les nuages rares & légers, qui puiſſent ſe ſoutenir à une certaine hauteur.

980. Puiſque les nuages ſont compoſés d'eau, ou réduite en vapeurs, ou diſſoute dans l'air, il

doit s'en former plus que par-tout ailleurs dans les endroits les plus capables d'en fournir la matiere. Auſſi ſe forme-t-il plus de nuages au deſſus des mers & des grands lacs, où l'évaporation eſt beaucoup plus abondante, qu'il ne s'en forme au deſſus des continens & des grandes iſles. C'eſt pour cette raiſon que le vent d'oueſt, qui nous vient de deſſus l'Océan, & le vend de ſud, qui nous vient de deſſus la Méditerranée, nous apportent ordinairement beaucoup de nuages.

981. Si les nuages s'épaiſſiſſent, ſoit par l'action des vents, ſoit par la condenſation ou la raréfaction de l'air qui les porte, ſoit par l'abandon du calorique qui les tenoit dans l'état de vapeurs; les particules aqueuſes, dont ils ſont compoſés, ſe réuniſſent en gouttes, qui, devenues par-là trop peſantes pour ſe ſoutenir en l'air, font, en tombant, ce qu'on appelle de la *pluie*. Lorſque cette condenſation des nuages ſe fait précipitamment, & dans une portion peu élevée de l'athmoſphere, où l'air, ayant plus de denſité (959), eſt plus en état de les ſoutenir; les gouttes qu'ils forment prennent plus de groſſeur, ſont en moindre nombre, demeurent plus écartées les unes des autres, & acquierent beaucoup de vîteſſe en tombant; c'eſt ce qu'on obſerve preſque toujours dans les pluies d'orage, qui viennent ordinairement de nuages peu élevés.

Mais si cette condensation se fait lentement, ou que ces petites particules aqueuses ne se réunissent & ne tombent que parce que l'air, qui les soutenoit, les abandonne en se dilatant; alors les gouttes demeurent très-petites, sont en très-grand nombre, fort proches les unes des autres, & tombent lentement & avec une vîtesse presque uniforme. Elles forment alors une pluie extrêmement fine, à laquelle on donne communément le nom de *bruine*.

982. Le froid de la région des nuages est quelquefois assez considérable pour geler les particules aqueuses qui composent les nuages. Si le froid les saisit avant qu'elles aient eu le temps de se réunir en gouttes, les petits glaçons qui en proviennent, se réunissant plusieurs ensemble, & ne se touchant que par quelques points de leur surface, ne composent que des flocons très-légers. C'est-là ce que nous appelons *neige*.

983. L'ordre & l'arrangement de ces petits glaçons entre eux ne sont pas toujours les mêmes; ils varient prodigieusement, & font par-là varier la figure de la neige. Mais ce qu'il y a de très-singulier, c'est que cette figure, qui n'est pas la même dans tous les temps, est constamment la même dans le même jour, ou du moins dans la même ondée : c'est-à-dire que les flocons qui

tombent ensemble, ne different qu'en grosseur; mais ils ont tous la même figure, ou, pour mieux dire, ils sont tous composés de petites ramifications qui se ressemblent. De sorte que la neige d'aujourd'hui peut bien avoir une figure différente de celle qu'avoit la neige d'hier; mais l'arrangement des petits glaçons est constamment le même dans tous les flocons qui tombent dans la même ondée : il n'en tombe donc que d'une espece à la fois, soit en différens jours, soit à différentes heures du même jour. On pourroit regarder cela comme une espece de cristallisation, mais dont il seroit très-difficile de rendre raison.

984. La neige tombe toujours lentement & presque sans accélération, parce qu'avec très-peu de masse, elle présente à l'air, qu'elle traverse, une grande quantité de surfaces : ce fluide, par sa résistance, l'empêche donc de recevoir l'augmentation de vîtesse, que lui auroit donnée, sans cela, l'accélération de sa chûte (214).

985. Cette grande quantité de surfaces rend encore la neige très-susceptible d'évaporation : aussi diminue-t-elle sensiblement, même dans les jours les plus froids.

986. Si le froid, qui regne quelquefois dans la région des nuages, donne le temps aux particules aqueuses, qui les composent, de se réunir

en gouttes, avant d'être prises par la gelée, le froid, qui les saisit, en forme de petits globules de glace : c'est-là ce que nous appelons *grêle.*

987. La grêle devroit toujours être parfaitement ronde, parce qu'elle est composée d'eau, qui, ayant été fluide dans un milieu qui la pressoit également de toutes parts, a dû nécessairement prendre une figure sphérique. Aussi est-il hors de doute que c'est-là la figure qu'elle a dans le moment de sa formation. Cependant, lorsqu'elle arrive à terre, elle est le plus souvent anguleuse : cela vient, ou de ce qu'elle a déjà commencé à se fondre, ou qu'au contraire elle a reçu un degré de froid suffisant pour geler les petites particules d'eau qu'elle a touchées dans sa chûte, & qui tombent moins vîte qu'elle (208).

988. La grêle ne devroit jamais être plus grosse que des gouttes de pluie : ainsi, si l'on en voit quelquefois tomber qui égale en grosseur une noix ou un œuf, c'est, comme nous venons de le dire (987), qu'elle s'est trouvée assez froide pour geler les particules d'eau qu'elle a touchées dans sa chûte, & se les approprier ; ou que plusieurs grains se sont réunis, & comme collés les uns aux autres en tombant. Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner cés gros grains de grêle ; on les trouvera presque toujours an-

guleux, & jamais d'une denſité uniforme depuis la ſurface juſqu'au centre ; ce qui prouve clairement qu'ils ſont faits de pluſieurs pieces. Auſſi obſerve-t-on que la grêle qui tombe ſur le haut des montagnes, eſt plus petite, toutes choſes d'ailleurs égales, que celle qui tombe dans les vallées : elle acquiert donc & groſſit de plus en plus pendant qu'elle tombe.

989. La grêle acquiert ſouvent, en tombant, une vîteſſe conſidérable, parce qu'au moyen de ſa figure ſphérique, ou à peu près, elle éprouve, de la part de l'air, qu'elle traverſe, la moindre réſiſtance poſſible, relativement à ſa maſſe, puiſque les corps ſphériques ſont ceux qui, pour une quantité donnée de matiere, ont le moins de ſurface : & cette réſiſtance eſt d'autant moindre, que les grains ſont plus gros. Auſſi la grêle, & ſur-tout la groſſe, cauſe-t-elle ſouvent beaucoup de dommage : elle coupe les blés, la vigne & les jeunes pouſſes des arbres ; elle meurtrit les fruits & les fait tomber ; elle tue les animaux dans la campagne, &c. On ne voit que trop ſouvent des cantons entiérement dévaſtés par elle.

990. D'après ce que nous venons de dire des météores aqueux (971 *& ſuiv.*), il eſt aiſé de voir qu'ils naiſſent tous des mêmes cauſes. Ce ſont les particules d'eau qui paſſent de la terre

& des eaux dans l'air, qui forment le ferein : la rofée eft le ferein lui-même qui eft retombé : la gelée blanche eft la rofée qui s'eft gelée : le brouillard n'eft qu'un ferein plus abondant : le givre ou frimas eft le brouillard qui fe gele, en adhérant aux corps qu'il rencontre : les nuages font des brouillards portés à une certaine hauteur : les pluies font des nuages dont les particules aqueufes fe font réunies plufieurs enfemble pour former des gouttes : la neige eft un nuage dont les particules fe font gelées avant d'être réunies en gouttes ; enfin la grêle n'eft autre chofe que les gouttes de pluie gelées.

L'Athmofphere confidérée comme un fluide agité.

991. On obferve deux fortes de mouvement dans l'air de l'athmofphere. L'un n'eft qu'un mouvement de tremblottement ou de vibration imprimé aux parties de ce fluide, & qui les agite pendant quelque temps, fans les déplacer : c'eft celui qui nous apporte le fon. L'autre eft un vrai mouvement de tranflation, par lequel une portion affez confidérable de l'athmofphere eft pouffée d'un lieu dans un autre, avec une vîteffe plus ou moins grande, & dans une direction déterminée : c'eft celui qui produit le vent.

Du Son.

992. Le ſon naît d'un mouvement de vibration imprimé à un corps ſonore par le choc d'un autre corps, communiqué par ce corps ſonore au fluide qui l'environne, & tranſmis par ce fluide juſqu'à l'oreille, qui eſt l'organe deſtiné à en recevoir l'impreſſion.

993. De cette définition, il ſuit que nous devons conſidérer le ſon ſous trois aſpects différens ; 1°. dans le corps ſonore qui le fait naître ; 2°. dans le milieu qui le tranſmet ; 3°. dans l'organe qui en reçoit l'impreſſion.

994. On appelle *corps ſonores* proprement dits, ceux dont les ſons ſont diſtincts, comparables entre eux, & de quelque durée ; tels ſont ceux d'une cloche, d'une corde de violon, &c. & non pas ceux qui ne font entendre qu'un bruit confus, tel que le fait une pierre qui tombe ſur le pavé. Pour que les corps ſoient ſonores, il faut néceſſairement qu'ils ſoient élaſtiques, comme nous allons le prouver ; & leur ſon eſt proportionnel à leurs vibrations, pour la durée & pour l'intenſité ou la force.

995. Suppoſons donc que l'on frappe, par exemple, une cloche (*fig.* 138.). Ses petites particules, par leur force élaſtique, ſe meuvent avec beaucoup de vîteſſe, avec une ſorte de *Fig.* 138.

tremblottement & d'ondulation, qu'il eſt aiſé d'obſerver & de ſentir, en poſant légérement le doigt deſſus. Pour bien entendre ceci, il faut concevoir qu'une cloche eſt compoſée d'une ſuite de zones circulaires, qui vont juſqu'au haut en décroiſſant de diametre. Chacune de ces zones peut être conſidérée comme un anneau plat (*fig.*
Fig. 139. 139.), compoſé d'autant de cercles concentriques qu'il peut y en avoir dans l'épaiſſeur. Si
Fig. 140. l'on frappe cet anneau au point *a* (*fig.* 140.), cette partie choquée ſe porte vers *g*, & en même temps les parties *b* & *d* ſe portent vers *i* & vers *m*, ce qui contraint le point *c* de ſe porter vers *e*. Mais l'inſtant d'après, ces parties, tendant, par leur élaſticité (31), à ſe rétablir dans leur premier état, reviennent au lieu d'où elles ſont parties; & comme elles y reviennent avec accélération (34), elles ſe portent plus loin que le lieu de leur repos: la partie *a*, après être revenue de *g* en *a*, ſe porte donc vers *f*; la partie *c* vers *h*; & les parties *b* & *d* vers *k* & vers *l*. De là il arrive que la cloche, de circulaire qu'elle étoit d'abord, devient ovale alternativement en deux ſens différens: il faut donc qu'aux endroits des plus grandes courbures, les parties extérieures s'écartent les unes des autres.

996. Cette même choſe arrive à une corde
Fig. 141. B D (*fig.* 141.) de claveſſin, de harpe, &c. que l'on

l'on pince ; car, pour devenir angulaire, comme BCD ou BED, il faut néceſſairement qu'elle s'alonge, & par conſéquent que ſes parties s'écartent.

997. Il y a donc là deux ſortes de vibrations ; ſavoir, les vibrations totales qui changent la figure du corps ; & les vibrations particulieres, ou celles des parties inſenſibles.

998. Le ſon n'eſt point dû aux vibrations totales, mais à celles des parties inſenſibles, comme l'a prouvé M. *de la Hire* (*Mém. de l'Acad. an.* 1716, *pag.* 264). Toutes les fois donc qu'on pourra ſéparer ces deux ſortes de vibrations, on n'aura point de ſon avec les totales ; mais quand les vibrations totales ſont accompagnées de celles des parties inſenſibles, elles reglent la durée, la force & les modifications du ſon.

999. Si l'on fait ceſſer les vibrations, en touchant le corps ſonore, le ſon ceſſe auſſi ſur le champ, parce qu'il ne peut pas avoir lieu ſans ces vibrations (992). C'eſt pourquoi les Horlogers mettent ſous le marteau, deſtiné à frapper le timbre de l'horloge, un petit reſſort, qui le releve ſi-tôt qu'il l'a frappé, & l'empêche de continuer de le toucher.

1000. Le mouvement des corps qui ſont à quelque diſtance de nous, ne peut point affecter

nos ſens ſans la médiation d'autres corps qui reçoivent ce mouvement, & le communiquent immédiatement à l'organe. Les vibrations du corps ſonore ſe paſſeroient donc ſans que nous nous en apperçuſſions, s'il n'y avoit, entre lui & nous, un milieu capable de les tranſmettre. Les fluides élaſtiques ſont les milieux les plus propres à cet effet. Les vibrations du corps ſonore ſe communiquent donc à l'air qui l'environne, en produiſant un mouvement ſemblable dans l'air, ou, pour mieux dire, dans autant de ſes parties qu'il y en a de capables de le recevoir & de le perpétuer.

1001. L'air eſt en effet le milieu le plus ordinaire par lequel le ſon ſe tranſmet : & le ſon eſt porté ou entendu d'autant plus loin, que le fluide, par lequel il ſe propage, a plus de denſité. Le ſon ſe porte donc plus loin par un air condenſé, que par un air ordinaire. Cela doit être; car il doit y avoir un ſon plus fort, où il ſe trouve un reſſort plus actif : or cela ſe trouve dans un air condenſé (911). Mais ſi l'air étoit conſidérablement dilaté, le ſon ne s'entendroit qu'à une très-petite diſtance, & d'autant plus petite que ſa dilatation ſeroit portée à un plus haut degré, parce qu'alors il n'auroit pas la denſité requiſe. C'eſt la raiſon pour laquelle la lumiere, qui eſt un fluide très rare, n'eſt pas capable

de tranſmettre les ſons, quoiqu'elle ait une élaſticité parfaite.

1002. Mais ſuivant quelles proportions ſe fait l'accroiſſement de la force du ſon dans un air condenſé? *Hauksbee*, qui a travaillé à cette recherche (*Tranſ. phil.* n°. 321), a trouvé que, dans un air une fois plus denſe, le ſon s'entend une fois plus loin. D'où il a conclu, avec raiſon, que le ſon augmente, non pas ſeulement en raiſon directe de la denſité de l'air, mais en raiſon du quarré de cette denſité. Car ſuppoſons que le corps ſonore A (*fig.* 142.), qui doit être regardé comme le centre d'une ſphere d'activité qui anime des rayons ſonores dans tous les ſens, puiſque ce corps ſonore ſe fait entendre de tous côtés: ſuppoſons, dis je, que ce corps ſoit dans un air dont la denſité eſt 1; que l'oreille ſoit placée à la diſtance 1, & qu'elle ait pour ouverture *d e*: elle recevra tous les rayons ſonores qui forment le cône *a d e*, & que nous ſuppoſons néceſſaires pour faire entendre le ſon à la diſtance 1. Suppoſons maintenant qu'on double la denſité de l'air, & que l'oreille ſe place à la diſtance 2: l'expérience prouve qu'elle y entendra le ſon de la même maniere qu'elle l'entendoit dans le premier cas à la diſtance 1. Mais il eſt démontré qu'à la diſtance 2, l'oreille ne reçoit que le quart des rayons qu'elle recevoit à

Fig. 142.

la diſtance 1, puiſque l'aire de la baſe du cône *a b c* eſt quadruple de l'aire de la baſe du cône *a d e*, & que l'ouverture *b f* de l'oreille eſt égale à *d e*. Il faut donc que le ſon ſoit quatre fois auſſi fort à la ſeconde diſtance qu'à la premiere. On prouvera de même que, pour entendre le ſon à la troiſieme diſtance, il faut qu'il ſoit 9 fois auſſi fort, 16 fois à la quatrieme diſtance, 25 fois à la cinquieme, &c. Donc *le ſon augmente comme le quarré de la denſité de l'air.*

1003. Si le ſon s'exécutoit dans un fluide élaſtique plus denſe que l'air, il ſeroit auſſi porté plus loin. C'eſt ce que j'ai éprouvé, en mettant un corps ſonore dans le gas acide carbonique (735), dont la denſité excede celle de l'air d'environ un tiers (759). Le ſon, dans le même temps & dans le même lieu, s'y eſt trouvé beaucoup plus fort.

1004. Si le reſſort de l'air devenoit plus actif, ſans que ſa denſité changeât, comme cela peut arriver par différentes cauſes, la force du ſon ſeroit augmentée à raiſon de cette augmentation d'activité du reſſort : ainſi, pour énoncer d'une maniere plus générale cet accroiſſement de l'intenſité du ſon, il faut dire que *l'intenſité du ſon eſt comme le produit de la denſité de l'air multipliée par ſon reſſort.*

1005. Les fluides élaſtiques ne ſont pas les

feuls milieux qui puiffent tranfmettre le fon : il fe propage auffi par l'eau & par les autres liqueurs, comme on l'a éprouvé, & comme on peut s'en affurer, en plongeant, au milieu de l'eau, un corps fonore, de maniere qu'il ne touche à aucun corps dur, & que cette liqueur l'environne de toutes parts. Il faut avouer que, dans ce cas-là, le fon paroît moins fort, & s'entend de moins loin : cela vient de ce que le milieu qui tranfmet le fon, doit être élaftique, & les liqueurs le font très-peu (33); & l'affoibliffement du fon fe fait prefque tout en entier au paffage de l'air dans la liqueur, comme l'a éprouvé M. l'Abbé *Nollet*, qui a fait là-deffus plufieurs expériences curieufes (*Mém. de l'Acad. an.* 1743, *pag.* 199).

1006. Le fon peut auffi fe tranfmettre par des corps folides, pourvu qu'ils aient le degré de reffort néceffaire.

1007. Le fon emploie un temps très-fenfible à fe propager, à fe tranfmettre du lieu où il naît, dans le lieu où il fe fait entendre; car fi l'on voit de loin quelqu'un qui tire un coup de fufil, on n'entend le bruit que quelque temps après avoir apperçu la lumiere. Cela vient de ce que la lumiere ou fon action fe propage beaucoup plus vîte que le fon : car, puifqu'elle ne met qu'environ 8 minutes à venir du foleil à nous

(1180), il faut qu'elle parcoure environ 72420 lieues par seconde de temps. On s'est donc servi de cette différence, pour mesurer la vîtesse avec laquelle le son se propage.

1008. La distance des lieux que nous pouvons appercevoir à la surface de la terre, est si petite, qu'il ne faut à la lumiere qu'une très-petite fraction de seconde pour la parcourir : nous pouvons donc, sans crainte d'erreur sensible, négliger cette petite fraction, & compter que nous appercevons la lumiere dans le moment où elle paroît. Ainsi, si l'on fait tirer un coup de canon d'un lieu qu'on peut voir, en comptant le temps qui s'écoule depuis la lumiere apperçue jusqu'au son entendu, on aura le temps que ce son aura employé à parcourir cet espace. C'est ainsi qu'on s'y est pris pour mesurer la vîtesse du son : l'expérience en a été faite par plusieurs Physiciens, & elle a été sur-tout répétée plusieurs fois, & avec beaucoup de soins & d'exactitude, par MM. *de Thury*, *Maraldi* & *de la Caille*, sur une ligne de 14636 toises, qui avoit pour termes la tour de Mont-Lhéri & la pyramide de Montmartre, l'Observatoire étant placé entre deux. (*Voyez les Mém. de l'Acad. an.* 1738, *pag.* 128 & *suiv.*). Les résultats de ces expériences sont :

1009. 1°. Que la vîtesse du son, par un temps

calme, eſt de 173 toiſes par ſeconde ; & qu'elle eſt à peu près de la même quantité, lorſque le vent eſt dans une direction perpendiculaire à celle de l'endroit où eſt produit le ſon à celui où on l'entend.

1010. 2°. Que le ſon, fort ou foible, ſe tranſmet avec la même vîteſſe, puiſqu'on a entendu de Mont-Lhéri le bruit d'une boîte, chargée ſeulement d'une demi-livre de poudre, & tirée à Montmartre, dans le même temps après la lumiere apperçue, que celui des coups de canon qui y furent tirés ſucceſſivement, & dont la charge étoit de près de ſix livres.

1011. 3°. Que la vîteſſe du ſon eſt la même, ſoit que le temps ſoit ſerein, ſoit qu'il ſoit pluvieux.

1012. 4°. Que la vîteſſe du ſon eſt auſſi la même, ſoit pendant le jour, ſoit pendant la nuit.

1013. 5°. Que la vîteſſe du ſon eſt égale dans les grands intervalles comme dans les petits ; c'eſt-à-dire qu'elle ne ſe ralentit point vers la fin, comme le font la plupart des autres mouvemens, & que par conſéquent elle eſt uniforme.

1014. 6°. Que la vîteſſe du ſon eſt de la même quantité, ſoit que le canon ſoit dirigé vers l'endroit où on l'entend, ſoit que ce ſoit en ſens contraire ; puiſque le canon de Montmartre ayant été dirigé vers le nord, on l'a entendu, tant

de l'Obſervatoire que de Mont-Lhéri, dans le même intervalle de temps après la lumiere apperçue, que lorſqu'il étoit dirigé vers le midi. Il en eſt de même dans les différentes inclinaiſons, puiſque le bruit des boîtes, dont la direction eſt perpendiculaire à l'horizon, s'eſt tranſmis dans le même intervalle de temps que celui des canons.

1015. 7°. Que la différente direction du vent contribue à accélérer ou retarder la vîteſſe du ſon d'une quantité qui a été jugée être à peu près la même que celle du vent qu'il faiſoit alors. D'où il réſulte que la vîteſſe du ſon eſt de 173 toiſes, plus ou moins celle du vent, ſelon qu'il eſt dans une direction favorable ou contraire. On pourra, par ce moyen, puiſqu'on connoît maintenant la vîteſſe du ſon, calculer dans tous les temps celle du vent, & réciproquement.

1016. 8°. Que la différente diſpoſition du terrein par lequel le ſon ſe tranſmet, ne contribue pas à augmenter ou diminuer ſenſiblement ſa vîteſſe. D'où il ſuit qu'il ſe communique en ligne droite, ſans ſuivre les détours.

1017. 9°. Enfin, que la différente peſanteur ou preſſion de l'air ne produit aucune différence ſenſible dans la vîteſſe du ſon; puiſque, le 21 Mars, le barometre étant à 27 pouces $2\frac{1}{4}$ lignes

pendant un temps calme, l'intervalle entre la lumiere apperçue & le bruit du canon, tiré de Mont-Lhéri, fut trouvé à l'Obſervatoire de la même quantité que le 16 du même mois, jour où le barometre étoit à 27 pouces 11 lignes, par un vent tranſverſal, qui, comme nous l'avons remarqué (1009), ne change rien à la vîteſſe du ſon.

1018. La connoiſſance de la vîteſſe du ſon n'en eſt pas une ſtérile & de pure curioſité : on peut en retirer divers avantages. Cette vîteſſe étant une fois connue, on peut la regarder comme une meſure temporaire de l'intervalle entre des lieux éloignés : on en aura donc la diſtance, en obſervant le temps écoulé entre la lumiere apperçue & le bruit entendu. Si cela ne donne pas une meſure exacte, ce ſera du moins un à peu près. On peut s'en ſervir utilement pour déterminer la largeur d'une grande riviere près de ſon embouchure, d'un lac, d'un marais, & même la diſtance des iſles entre elles & à la terre ferme. On peut même, dans des temps couverts, en tirant du rivage de la mer des coups de canon, préſerver du naufrage des vaiſſeaux, qui, voyant la lumiere & entendant le coup, pourront reconnoître à quelle diſtance ils ſont du lieu qu'ils veulent éviter ou aborder.

1019. Quand le son rencontre des obstacles, il change de direction, & se réfléchit; & son angle de réflexion est parfaitement égal à celui de son incidence, parce que l'air, qui lui sert de véhicule, a un ressort parfait (907). C'est-là ce qui forme les échos. Pour que celui qui parle entende l'écho, il faut donc que l'obstacle se présente perpendiculairement à la direction de la voix. Supposons quelqu'un placé en A (*fig.* 143.), & qu'il parle vis-à-vis d'un corps élevé, par exemple, un rocher placé à quelque distance de là. Si la partie O du rocher se présente perpendiculairement à la voix, & que cette partie soit telle qu'elle doit être pour former un écho, le son sera réfléchi vers celui qui parle, & lui fera entendre l'écho. Si en P, Q, &c. il y a d'autres parties semblablement disposées, & plus distantes les unes que les autres de celui qui parle, l'écho répétera plusieurs fois de suite la même chose. Mais si toutes ces parties étoient disposées de maniere à réfléchir le son vers V, celui qui parle en A n'entendroit point l'écho, tandis que quelqu'un placé en V l'entendroit très-bien.

Fig. 143.

1020. Les échos ne se trouvent point en rase campagne : il faut nécessairement des objets élevés sur le terrein. Aussi n'en entend-on point en pleine mer, ni dans les plaines, où il n'y a ni

maiſons ni arbres ; mais on en trouve ſouvent dans les bois, dans les vallées, vis-à-vis des rochers, des montagnes, &c.

1021. Nous avons conſidéré le ſon dans le corps ſonore qui le fait naître, & dans le milieu qui le tranſmet : il nous reſte à le conſidérer dans l'organe qui en reçoit l'impreſſion. L'oreille eſt cet organe. Les Anatomiſtes la diviſent pour l'ordinaire en externe & en interne. L'oreille externe eſt compoſée de ce qui porte vulgairement le nom d'*oreille*, qui eſt une eſpece d'entonnoir dont la tige, appelée *conduit auditif*, eſt terminée par une membrane mince qu'on nomme *membrane du tambour* ou *tympan*. C'eſt cette membrane qui fait la ſéparation de l'oreille externe d'avec l'interne. L'oreille interne comprend la caiſſe du tambour & le labyrinthe. La caiſſe du tambour eſt une cavité placée derriere le tympan, qui contient quatre oſſelets; ſavoir, le marteau, l'enclume, l'étrier, & l'orbiculaire. Le manche du marteau eſt attaché au centre du tympan ; ſa tête au corps de l'enclume, laquelle a deux branches : à la plus longue eſt fixée la tête de l'étrier, l'orbiculaire entre deux. La baſe de l'étrier, qui eſt ovale, ferme une ouverture de même figure, qui communique au labyrinthe, lequel eſt compoſé du veſtibule, des trois canaux ſemi-circulaires, & du limaçon. Le limaçon,

qui eſt la principale partie de l'oreille, eſt compoſé d'un noyau (*fig.* 144.) en forme de cône un peu écraſé, enveloppé d'un conduit oſſeux (*fig.* 145.) qui fait deux tours & demi de ſpirale. La cavité de ce conduit va toujours en diminuant, en approchant du ſommet du cône, & ſe trouve partagée dans toute ſon étendue, en deux moitiés *a*, *b*, appelées *rampes*, diſtinguées en externe & en interne par une cloiſon (*fig.* 146.) nommée *lame ſpirale*, dont une portion 1, 2, 3, eſt oſſeuſe, & l'autre 4, 5, 6, eſt membraneuſe. (Voyez mon *Dictionnaire de Phyſique*, au mot OREILLE.) Vous y trouverez la deſcription détaillée des différentes parties de l'oreille, & leurs uſages.

Fig. 144. Fig. 145. Fig. 146.

1022. L'ouïe eſt une ſenſation excitée en nous par les ſons reçus dans l'oreille. Or les ſons conſiſtent en un mouvement de vibration imprimé à un corps ſonore par le choc d'un autre corps, & communiqué par ce corps ſonore à l'air qui l'environne (992). La figure de l'oreille extérieure en forme d'entonnoir (1021) favoriſe l'entrée d'une plus grande quantité de particules d'air, miſes en vibrations par les corps ſonores. Ce mouvement ſe communique par le conduit auditif juſqu'au tympan : les ſons y étant parvenus, cette membrane en eſt ébranlée ; & l'action des muſcles du marteau, dont le manche

eſt collé vers le centre de cette membrane, tend à la tenir plus ou moins tendue : elle s'accommode, par ce moyen, à la foibleſſe ou à la violence des ſons, en ſe tenant tendue pour les ſons foibles, & lâche pour les ſons trop forts.

1023. Les oſſelets contenus dans la caiſſe du tambour (1021), ſe trouvant ébranlés par les vibrations de l'air parvenues juſqu'au tympan, communiquent leurs ébranlemens à l'air renfermé dans cette caiſſe, ainſi qu'à celui qui occupe toutes les cavités du labyrinthe : & cet air, en communiquant ſes vibrations à toutes les ramifications nerveuſes, & ſur-tout à celles de la lame ſpirale (*fig.* 146.), excite la ſenſation de l'ouïe. *Fig.* 146.

1024. Les corps ſonores ſont capables d'exciter en nous différentes ſenſations, ſoit parce qu'ils ſont plus ou moins grands, plus ou moins denſes, plus ou moins élaſtiques, ou que leur reſſort eſt plus ou moins tendu. Car le ſon d'une cloche & celui d'une ſonnette different, non ſeulement quant à la force, mais auſſi quant à la nature : de plus la même corde, ſi elle eſt plus ou moins tendue, change de ton ; & cette différence vient d'une roideur plus ou moins grande, d'où il réſulte un frémiſſement plus ou moins prompt, & en conſéquence des tons plus ou moins graves, plus ou moins aigus. Ces dif-

férentes parties de l'oreille, & sur-tout celles de la lame spirale, qu'on peut regarder comme le clavessin de l'oreille, sont susceptibles de ces différentes nuances de célérité de vibrations : car la lame spirale, qui sépare les deux rampes du limaçon, & qui tourne en vis autour de son noyau, est plus large dans sa partie inférieure 4, & va toujours en diminuant de largeur jusqu'au haut 6 : d'où il suit que les fibres transversales, qui composent sa portion membraneuse 4, 5, 6, sont toujours, comme les cordes d'un clavessin, de plus courtes en plus courtes. Cette différence de dimensions donne lieu de présumer que ces différentes fibres nerveuses ont plus de rapport & de proportions avec certains tons qu'avec d'autres. Ces fibres nerveuses sont donc toujours prêtes à recevoir, dans quelques-unes de leurs parties, les vibrations de quelque ton que ce soit ; c'est-à-dire que les tons les plus graves n'ébranlent que les fibres les plus longues, qui sont à leur unisson, tandis que les plus aigus n'ébranlent que les fibres les plus courtes.

1025. Et comme toutes ces ramifications & fibres nerveuses ont plus ou moins de longueur les unes que les autres, selon qu'elles sont destinées à nous faire avoir la sensation de différens tons, on conçoit aisément pourquoi le labyrinthe

& ſes parties ſont auſſi grands dans un enfant que dans un adulte; car ſi les dimenſions avoient été différentes dans ces deux âges, les mêmes tons auroient agi ſur nous d'une maniere dans notre enfance, & d'une autre quand nous aurions été dans un âge plus avancé; & un enfant à qui on auroit appris la muſique à huit ans, n'en ſauroit plus rien à dix-huit ou vingt.

1026. D'après ce que nous venons de dire, il eſt aiſé de ſentir la raiſon des principes ſur leſquels eſt fondée la conſtruction des inſtrumens de muſique. Il doit y avoir dans ces inſtrumens, de même que dans l'oreille, des parties ſuſceptibles de recevoir & de tranſmettre les vibrations de tous les différens tons. Or on ſait qu'un corps ſonore, une corde, par exemple, fait des vibrations d'autant plus fréquentes, & rend un ton d'autant plus aigu, qu'elle eſt ou plus courte, ou moins groſſe, ou plus fortement tendue; car les tons dépendent d'un certain nombre de vibrations dans un temps déterminé. Auſſi, dans tous les inſtrumens de muſique, la partie ſonore eſt diſpoſée de façon qu'on en peut changer les dimenſions ou le degré de tenſion. Dans une vielle, les chanterelles ſe raccourciſſent par les touches, & rendent, par ce moyen, des tons plus aigus: au violon, à la baſſe, &c. les doigts font l'office de touches:

au clavessin, à la harpe, &c. l'étendue du jeu vient du grand nombre des cordes, & de leurs différentes longueurs & grosseurs : dans les instrumens à vent, on change la longueur de la colonne d'air, qui est la partie sonore, en bouchant ou débouchant les trous. Par ces moyens, on peut rendre tous les différens tons avec ces instrumens.

1027. De même qu'il y a dans la lame spirale des fibres de longueurs différentes, & dont le ressort de chacune est analogue à la fréquence des vibrations de tel ou tel ton (1024), deux ou plusieurs tons différens qui arrivent en même temps à l'oreille, se font entendre aussi distinctement que s'ils y arrrivoient seul à seul, parce que chaque ton n'agit avec efficacité que sur la fibre dont le ressort est analogue au sien. Nous devons juger qu'il y a de même dans l'air des molécules qui different en grandeur & en degré de ressort, & que deux ou plusieurs tons différens sont transmis chacun par les particules d'air dont le ressort est analogue à la fréquence de ses vibrations : de sorte que ces différens tons sont apportés tous à la fois à l'oreille par la même masse d'air, mais chacun par différentes parties de cette masse. C'est ainsi que plusieurs tons différens rendus auprès d'un clavessin, font résonner chacun la corde qui est à leur unisson.

1028.

1028. Quoique l'organe de l'ouïe soit double, il ne s'ensuit pas de là que nous devions entendre deux fois un ton simple & unique. Les deux impressions que fait ce même ton sur les deux oreilles, sont reçues sur des fibres correspondantes & semblables des deux nerfs auditifs, & transmises toutes deux en même temps au siége de l'ame : par conséquent ces deux impressions doivent être regardées comme une seule, & ne produisent effectivement qu'une seule sensation ; & cela par la même raison qu'un objet simple ne nous paroît pas double, quoique son image soit peinte en même temps dans chacun de nos yeux (1529).

1029. Un trop grand bruit fatigue l'oreille ; & va quelquefois jusqu'à rendre sourdes, pour un temps, ou même pour toujours, les personnes qui y ont été exposées : c'est qu'une impression trop forte sur cet organe, comme sur les autres, engourdit les parties qui sont délicates, ou en dérange l'économie. Après un grand bruit, les sons foibles sont à l'oreille ce qu'est à l'œil une petite lumiere après une grande illumination. On a vu quelquefois des gens devenir absolument sourds, pour être demeurés trop long-temps exposés au bruit d'une batterie de canons.

Des Vents.

1030. Le vent eſt un mouvement de tranſlation de l'air, par lequel une certaine portion de l'athmoſphere eſt pouſſée d'un lieu dans un autre, avec une vîteſſe plus ou moins grande, & dans une direction déterminée. C'eſt, comme l'on ſait, de cette direction que dérivent les noms que portent les vents; car ils en prennent différens, relativement aux différens points de l'horizon d'où ils ſoufflent.

1031. Les vents ſont diviſés en généraux ou conſtans, en périodiques ou réglés, & en variables.

1032. Les vents généraux ou conſtans ſont ceux qui ſoufflent toujours du même côté. Tels ſont les *vents alizés*, qu'on remarque entre les deux tropiques, & qui ſoufflent conſtamment de l'eſt à l'oueſt (2070), avec ſeulement quelques petites variations périodiques, ſuivant les différentes déclinaiſons du ſoleil. Il faut pourtant avouer que ces vents ne ſont pas auſſi généraux qu'on le prétend, & qu'ils ne doivent être regardés comme tels qu'en pleine mer: car, 1°. dans les terres on ne s'en apperçoit preſque pas, à cauſe qu'ils ſont rompus par les montagnes & autres obſtacles qui s'y rencontrent: 2°. en mer, auprès des côtes, ils ſont auſſi détournés par

les vents particuliers qui viennent de terre.

1033. Les vents périodiques ou réglés sont ceux qui soufflent périodiquement d'un point de l'horizon dans un certain temps, & d'un autre point dans un autre temps : tels sont les *mousſons*, comme ceux qui soufflent du sud-est depuis le mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai, & du nord-ouest depuis le mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre, entre la côte de Zanguebar & l'isle de Madagascar.

1034. Les vents variables sont ceux qui soufflent tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, & qui commencent ou cessent sans aucune regle, soit par rapport aux lieux, soit par rapport aux temps, & qui sont par conséquent variables, soit par la direction, soit par la durée, soit par la vîtesse : tels sont ceux que nous observons à Paris.

1035. Les vents sont causés, en général, par un défaut d'équilibre dans l'air, c'est-à-dire, parce que certaines parties se trouvant avoir plus de force que les parties voisines, s'étendent du côté où elles trouvent moins de résistance. Mais quelle est la cause qui produit ce défaut d'équilibre ? C'est ce qu'on ne sait que très-imparfaitement. Les explications que les Physiciens ont données de ces phénomenes, sont si vagues & si peu satisfaisantes, que ce seroit bien peu éclaircir cette matiere que de les rapporter. Il me

ſemble que j'aimerois mieux donner pour cauſe premiere & générale des vents, l'électricité, qu'on ſait qui regne continuellement dans l'athmoſphere & à la ſurface de notre globe. Le tonnerre & les trombes, qui ſont aujourd'hui reconnus pour des phénomenes électriques, ſont toujours, ou preſque toujours, accompagnés de très-grands vents. Pourquoi la cauſe qui produit ces phénomenes, ne feroit-elle pas celle des vents qui les accompagnent ? Si elle eſt la cauſe de ces vents, pourquoi ne feroit-elle pas celle des autres vents ? Cela mérite, je crois, d'être examiné avec ſoin.

1036. On peut conſidérer, dans le vent, ſa direction, ſa vîteſſe, & ſa force. Sa direction eſt déterminée, comme nous l'avons dit ci-deſſus (1030), par le point de l'horizon d'où il ſouffle : & cette direction eſt indiquée par les girouettes; mais pour cela il faut être orienté. D'ailleurs les girouettes ne peuvent indiquer que la direction du vent qui eſt à leur hauteur : il y en a ſouvent de ſupérieurs qui y ſont oppoſés, ou qui du moins ſoufflent dans des directions différentes.

1037. On a eſſayé de meſurer la vîteſſe des vents, en leur donnant à emporter des corps légers; mais les expériences qu'on a faites ſur ce ſujet, s'accordent fort peu entre elles. M.

Mariotte prétend que la vîtesse du vent le plus impétueux, est de 32 pieds par seconde. M. *Derham* la conclut de 66 pieds d'Angleterre : M. *de la Condamine* l'a trouvée de 85 pieds. Il est probable que ni les uns ni les autres n'ont eu de regle sûre pour juger quel étoit le vent le plus impétueux. Nous avons donné ci-dessus (1015) un moyen plus sûr de mesurer la vîtesse du vent.

1038. La force du vent dépend de sa vîtesse, & de la masse d'air qu'il fait agir contre l'obstacle qui lui est opposé. Le même vent fait donc d'autant plus d'effort, que l'obstacle lui présente plus de surface. C'est pourquoi, suivant le degré de vîtesse actuel du vent, on habille plus ou moins les ailes d'un moulin à vent : on déploie plus ou moins les voiles d'un vaisseau. Les arbres sont moins renversés par le vent pendant l'hiver, que pendant l'été ; parce que, pendant cette derniere saison, ils sont garnis de feuilles, qui font que le vent a plus de prise sur eux.

1039. Nous savons tirer de très-grands avantages des vents, en leur faisant produire des effets pour lesquels il nous faudroit employer la force d'un grand nombre d'hommes ou d'animaux. Ce sont les vents qui font tourner nos moulins à moudre le blé, à broyer les fruits &

les semences pour en extraire les huiles, à fouler les draps, &c. Les vents sont l'ame de la navigation : c'est par leur moyen que l'on transporte, d'un bord de l'Océan à l'autre, des vaisseaux énormes, que l'on ne pourroit faire aller que très-lentement, très-difficilement & à grands frais, à force de rames.



Benard Direxit.

CHAPITRE XII.

Des Propriétés de l'Eau.

1040. ON connoît bien actuellement la nature de l'eau. Nous avons prouvé (817 & *suiv.*) qu'elle est composée de 17 parties (mesurant par le poids) de la base de l'air pur, appelée *oxigène*, & de trois parties de la base du gas hydrogène ou inflammable, qu'on a, pour cette raison, appelée *hydrogène*, c'est-à-dire, *générateur de l'eau.* Il s'agit maintenant de voir quelles sont ses propriétés : il nous est d'autant plus intéressant de les connoître, que ce fluide nous est presque aussi nécessaire que l'air. Si sa nécessité n'est pas de tous les instans, comme l'est celle de l'air, il nous seroit impossible de nous en passer long-temps. L'eau ou ses parties constituantes entrent dans un grand nombre des productions de la Nature : sans elle il n'y a point de végétation ; elle est la boisson des hommes & des animaux, & elle est presque essentielle aux commodités de la vie.

1041. L'eau se présente à nous dans trois états différens, sous lesquels il nous la faut considérer :

1°. comme liqueur ; 2°. comme vapeur ; 3°. comme glace. Ces trois manieres d'être, qui ne changent rien à son essence, la rendent propre à produire des effets différens.

L'Eau considérée dans l'état de liqueur.

1042. L'eau, dans l'état de liqueur, est un fluide insipide, visible, transparent, sans couleur, sans odeur, presque totalement incompressible, très-peu élastique, qui adhere à la surface de la plupart des corps, qui en dissout un grand nombre, qui en pénetre un nombre plus grand encore, & qui est capable d'éteindre les matieres enflammées qu'on y plonge, ou sur lesquelles on en jette en assez grande quantité. Cette définition ne convient en entier qu'à l'eau parfaitement pure : ainsi si elle est opaque, colorée, odorante, ou qu'elle ait quelque goût, elle est certainement mêlée avec quelque matiere étrangere.

1043. La liquidité de l'eau vient de ce qu'elle est combinée avec une assez grande quantité de la matiere de la chaleur, pour entretenir entre ses parties cette mobilité respective, qui leur permet de rouler les unes sur les autres, & d'obéir à leur poids, de maniere que celles de la surface supérieure se placent toutes dans le même plan horizontal (282). Si-tôt que cette

combinaiſon eſt rompue, les parties ſe rapprochent, ſe touchent de plus près, &, par ce contact (37,5°.), adherent enſemble au point de former un corps ſolide, comme nous le dirons ci-après (1069). Toutes les autres ſubſtances ſuſceptibles de devenir liquides, le deviennent par la même cauſe.

1044. L'eau nous eſt fournie de deux manieres : elle nous vient, 1°. de l'athmoſphere, par les pluies, la neige, la grêle, &c. (971 *& ſuiv.*); 2°. du ſein de la terre par les ſources & les fontaines, qui forment enſuite les rivieres & les fleuves, leſquels tranſportent toutes leurs eaux à la mer. Les eaux des pluies, &c. ſont originairement fournies par toutes celles qui s'évaporent & qui s'élevent des terres, des lacs & des mers; leſquelles, en retombant, fourniſſent à l'entretien des ſources & des fontaines. La preuve que les ſources ſont entretenues par les eaux qui tombent de l'athmoſphere, c'eſt qu'un grand nombre de ces ſources tarit ſouvent, ou du moins diminue conſidérablement après une longue ſéchereſſe, & qu'elles recommencent à couler avec abondance, après de nouvelles pluies ou à la fonte des neiges. On explique aiſément, par-là, pourquoi les eaux des ſources ſont douces : pourquoi les ſources voiſines de la mer ſont auſſi douces que les plus éloignées ; enfin

pourquoi les ſources ſe trouvent plus communément à mi-côte, ou au pied des montagnes, que dans les plaines.

1045. On ne doit pas être étonné que cette légere vapeur, qui s'éleve de notre globe dans l'athmoſphere, fourniſſe une auſſi grande quantité d'eau que celle qui eſt néceſſaire pour l'entretien de tous les fleuves qui coulent ſur la terre, ſi l'on conſidere l'étendue de la ſurface qui fournit preſque continuellement à l'évaporation. La quantité d'eau qui s'éleve de la mer, a été appréciée par M. *Halley* (*Tranſac. Philoſ. n°*. 189). Il a trouvé par des obſervations aſſez préciſes, que l'eau ſalée au même degré que l'eſt ordinairement l'eau de la mer, c'eſt-à-dire, celle qui a diſſous une quantité de ſel égale à la trente-deuxieme partie de ſon poids, & expoſée à un degré de chaleur égal à celui qui regne dans nos étés les plus chauds, perd, par évaporation, la ſoixantieme partie de l'épaiſſeur d'un pouce d'eau en deux heures. Ainſi la mer en perd donc une épaiſſeur d'un dixieme de pouces en 12 heures. Une ſurface de dix pouces quarrés fournit donc un pouce cubique d'eau en 12 heures; par conſéquent une toiſe quarrée en fournit 518 pouces cubiques, & une lieue quarrée de 2283 toiſes de côté ou de 25 au degré, environ 1574006 pieds cubiques.

1046. Voyons maintenant combien il y a de ces lieues quarrées qui peuvent fournir à cette évaporation. Pour avoir une idée de la masse immense du produit de l'évaporation qui s'opere sur toute la mer, nous supposerons la moitié du globe couverte par la mer, & l'autre moitié occupée par les continens & les isles. Dans cette supposition, de la moitié du globe couverte par la mer, nous péchons plutôt par défaut que par excès. La surface de la terre est d'environ 25,797,278 lieues quarrées : la surface de la mer seroit donc de 12,898,639 lieues quarrées. En prenant pour l'évaporation journaliere, celle des 12 heures dont nous venons de parler; & faisant abstraction de ce qui s'évapore pendant les 12 autres heures, qui n'est certainement pas nul, comme le prouve le serein (972); faisant aussi abstraction de ce qui s'évapore du reste de la surface du globe, nous sommes sûrs d'avoir un produit bien au dessous de la réalité : & cependant ce produit, de l'eau fournie chaque jour par la mer, se trouve être 20,302,535,177,834 pieds cubes : ce qui fait, comme l'on voit, plus de 20 millions de millions de pieds cubes : masse énorme & beaucoup plus que suffisante pour fournir à l'écoulement de tous les fleuves.

1047. Qu'on ne conclue pas de là que les mers ne reçoivent pas autant d'eau qu'elles en

fourniſſent ; car il y en a une portion qui retourne immédiatement de l'athmoſphere dans les mers, par les pluies, neiges, &c. qui y tombent ; une autre portion pénetre dans les terres, & retourne aux mers par des canaux ſouterreins. De ce qui reſte, une portion s'éleve de nouveau en vapeurs, & une autre portion ſert à la boiſſon des hommes & des animaux, & à l'entretien de la végétation.

1048. De toutes les eaux naturelles, la plus pure eſt celle de la pluie ; ſi elle ſe trouve mêlée avec des ſubſtances étrangeres, elles ſont volatiles & s'en dégagent aiſément : c'eſt pourquoi les citernes, qui ne reçoivent que des eaux de cette eſpece, ſont d'un très-bon uſage. Toutes les autres eaux ne ſont jamais parfaitement pures ; car, outre le calorique & l'air, elles tiennent preſque toujours en diſſolution quelques ſubſtances étrangeres, qui leur donnent des qualités qn'elles n'auroient pas ſans cela. Si ces ſubſtances ſont ſalines ou métalliques, on s'en aſſurera aiſément, en y verſant quelques gouttes de diſſolution d'argent dans l'acide nitreux : ſur le champ l'eau deviendra laiteuſe, ſi elle contient des matieres ſalines. Si l'on y verſe quelques gouttes d'infuſion de noix de galles, l'eau deviendra noirâtre, ſi elle contient quelque choſe de ferrugineux. Ce ſont ces différentes

ſubſtances diſſoutes dans l'eau, qui ſont ce qu'on appelle les *eaux minérales.*

1049. Lorſque l'eau eſt trop mêlée de corps étrangers, qui la rendent impure, il faut chercher à la purifier, pour qu'elle devienne propre à être employée aux uſages de la vie. De tous les moyens connus pour cela, le plus uſité eſt la filtration, & le plus efficace eſt la diſtillation. La filtration ne purge l'eau que des matieres groſſieres; & tout ce qui ſe trouve diſſous, comme les ſels, les ſucs pierreux, &c. paſſe avec l'eau au travers du filtre. C'eſt ce qui forme les ſtalactites qu'on trouve dans les grottes ſouterreines, comme aux caves de l'Obſervatoire royal, aux grottes d'Arcy en Bourgogne, &c. Au lieu que la diſtillation purge l'eau de tout ce qui eſt fixe; & les ſubſtances volatiles, qui paſſent avec elle dans le récipient, ſe volatiliſent promptement de nouveau, & la laiſſent dans toute ſa pureté. Auſſi eſt-ce le ſeul moyen efficace pour rendre l'eau de la mer potable.

1050. L'eau, ainſi que les autres liqueurs, ne paroît point compreſſible (27); c'eſt-à-dire qu'on ne connoît point de force qui puiſſe faire diminuer d'une quantité ſenſible un volume d'eau donné. Cependant on ne doit pas la regarder comme abſolument incompreſſible; car elle eſt

capable de tranſmettre les ſons (1005) : donc elle eſt élaſtique, quoiqu'elle le ſoit très-peu. Or tout corps élaſtique eſt néceſſairement compreſſible (32).

1051. Les particules de l'eau ont entre elles une certaine adhérence, de ſorte qu'il faut une certaine force pour les ſéparer. La preuve de cela, c'eſt qu'une goutte d'eau demeure ſuſpendue au bout du doigt, quoique les particules inférieures de la goutte ne touchent qu'à d'autres particules d'eau. C'eſt pour cela qu'une aiguille ou des feuilles minces de métal, appliquées ſur la ſurface de l'eau, ne s'y enfoncent point, malgré leur peſanteur reſpective; parce que la réſiſtance des particules de l'eau à être diviſées, eſt plus grande que l'excès de peſanteur ſpécifique de ces corps ſur celle d'un pareil volume d'eau.

1052. Si, dans le moment que l'eau ceſſe d'être glace, on l'expoſe au feu dans un vaiſſeau ouvert, & ſoumis à la preſſion de l'athmoſphere, elle s'échauffe & ſe raréfie juſqu'à ce qu'elle bouille, & non au delà, quelque long temps qu'on la chauffe; & lorſqu'elle s'eſt autant raréfiée qu'elle peut l'être, ſon volume eſt augmenté de $\frac{1}{26}$; & elle a alors 80 degrés de chaleur.

1053. Mais ſi ſa ſurface n'étoit pas chargée

du poids de l'athmoſphere, elle bouilliroit beaucoup plus tôt, & à une moindre chaleur; comme on peut s'en convaincre, en adaptant à la machine pneumatique, par le moyen d'un ſiphon renverſé, le vaſe qui contient l'eau (*fig*. 147.), en y faiſant enſuite le vide, & ôtant par-là preſque toute la preſſion de l'athmoſphere. Si l'on chauffe l'eau légérement, comme, par exemple, en plongeant le vaſe qui la contient, dans de l'eau chaude, elle bouillira auſſi fort que ſi le vaſe étoit à nu ſur un grand feu. *Fig*. 147.

1054. Si, au contraire, l'eau étoit retenue de toutes parts par des obſtacles invincibles, comme elle l'eſt dans la *marmite de Papin*, elle s'échaufferoit conſidérablement ſans bouillir; & le degré de chaleur qu'elle eſt capable de prendre en pareil cas, eſt prodigieux, & tel, qu'il ne ſeroit peut-être pas prudent d'eſſayer de ſavoir juſqu'où il peut aller. On ſait que, dans cette marmite, la chaleur que l'eau y prend, eſt aſſez forte pour fondre de l'étain, & même du plomb. C'eſt pour cette raiſon que les fruits & les viandes y cuiſent très-vîte & dans leur jus.

1055. Il ſuit de ce que nous venons de dire (1053), qu'au ſommet d'une montagne un peu élevée, la chaleur de l'eau bouillante eſt ſenſiblement moindre qu'à ſon pied : ce qui a été vérifié par expérience, par MM. *de Thury* & *le*

Monnier, de l'Académie Royale des Sciences.

1056. L'eau s'introduit & pénetre dans un très-grand nombre d'especes de corps : même, parmi les corps durs, elle pénetre les grès, & toutes les pierres non-étincelantes, excepté les gypses, les pierres pesantes, les spaths, les albâtres, & les marbres.

1057. L'eau est le dissolvant d'un grand nombre de corps; mais les sels sont les substances qui s'y dissolvent, ou en plus grande quantité, ou plus vîte. Cependant elle n'en dissout pas la même quantité de toutes les especes; les unes y sont plus solubles que les autres : & de chaque espece, l'eau en dissout une quantité d'autant plus grande qu'elle est plus chaude; car si l'on rassasie d'un sel de l'eau bouillante, & qu'ensuite on la fasse refroidir, on verra qu'il se précipite une portion de ce sel, qui ne peut plus y être tenue en dissolution. Je me suis instruit par l'expérience, de la quantité de chaque sel que peut dissoudre l'eau la plus froide. Supposons donc une livre d'eau très-froide & prête à se geler : j'ai trouvé qu'elle peut dissoudre 6 onces de muriate de soude ou sel marin; 4 onces 2 gros 54 grains de muriate d'ammoniaque; 4 onces de carbonate de potasse, ou de sulfate de magnésie, ou de sulfate de soude, ou de tartrite de soude; 3 onces de soude; 2 onces de nitre.

nitre, ou d'acétite de plomb, ou de ſulfate de fer, ou de ſulfate de cuivre, ou de ſulfatè de zinc; 1 once de ſel acide boracique.

1058. L'eau diſſout les ſels, en s'inſinuant dans leurs pores avec une force plus grande que celle avec laquelle leurs particules adherent les unes aux autres, ce qui rompt leur union. Mais la diſſolution dépend ſans doute d'une proportion de grandeur & de figure entre les parties du diſſolvant & les pores du corps diſſoluble: or les pores des ſels étant différens dans les eſpeces différentes, l'eau ne doit pas avoir une égale priſe ſur tous; ce doit être la raiſon pour laquelle elle diſſout plus d'un ſel que d'un autre. La diſſolution eſt plus prompte & plus abondante dans l'eau chaude, parce que la chaleur augmente la fluidité de l'eau, la capacité de ſes pores & de ceux du ſel; & ſi le froid rétrécit ces pores, une portion du ſel en eſt chaſſée, & ſe précipite au fond du vaſe.

1059. La diſſolution des ſels dans l'eau préſente un phénomene ſingulier, que voici. Un ſel, en ſe diſſolvant dans l'eau, la refroidit communément. Je dis *communément*, parce qu'il en faut excepter quelques-uns, tels que le carbonate de potaſſe, l'acétite de plomb, & les ſulfates de magnéſie, de fer, de cuivre, & de zinc. Celui de tous les ſels qui eſt le plus propre

à refroidir l'eau, en s'y diſſolvant, eſt le muriate d'ammoniaque; ſans doute parce qu'étant très-ſoluble, il rend l'opération plus prompte, & par-là le refroidiſſement plus ſenſible. Auſſi eſt-il très-propre à ſuppléer la glace pour rafraîchir les liqueurs. La raiſon de ce refroidiſſement (qui ne dure pas très-long-temps) eſt qu'une portion de la matiere de la chaleur, en état de liberté, que contiennent ces ſubſtances, eſt chaſſée par la pénétration réciproque de l'eau & du ſel dans les pores l'un de l'autre. Le muriate de ſoude & le ſel acide boracique ne refroidiſſent l'eau que de 1 degré; la ſoude & le nitre la refroidiſſent de 5 degrés; le tartrite de ſoude, de 5 $\frac{1}{4}$ degrés; le ſulfate de ſoude, de 5 $\frac{1}{2}$ degrés; & le muriate d'ammoniaque, de 10 $\frac{1}{2}$ degrés.

1060. L'eau de la mer, ſuivant les expériences de MM. *de Marſilli*, *Halley*, *Hales*, &c. ne tient en diſſolution que peu de ſel marin, environ 4 gros par livre d'eau, c'eſt-à-dire $\frac{1}{32}$ de ſon poids. On ne doit donc pas prétendre, comme quelques-uns l'ont fait, qu'il y a dans la mer des mines de ce ſel, deſtinées à remplacer celui qu'on en tire journellement: car dans ce cas, l'eau de la mer en diſſoudroit plus de 4 gros par livre, puiſque l'eau la plus froide peut en diſſoudre juſqu'à 6 onces. Il eſt plus raiſonnable

de penser qu'il ne reste plus dans la mer de sel à dissoudre ; que l'équivalent de ce qu'on en tire, y est reporté par les eaux qui s'y rendent ; & que ce qu'il en reste pour la nutrition des animaux & des plantes, est compensé par une portion du sel que l'on retire des mines en plusieurs endroits, & qui y est aussi porté par les eaux. Par ce moyen, la salure de l'eau de la mer demeure toujours à peu près la même.

1061. L'eau est capable d'éteindre les corps embrasés, pourvu qu'elle puisse subsister sur eux, dans l'état de liqueur, plus long-temps que ne peut durer l'embrasement ; car alors elle empêche le contact de l'air, fluide absolument essentiel pour la combustion des corps (942). Mais si elle se vaporisoit & qu'elle se décomposât, son oxigène se combineroit avec le corps qui brûle, & son hydrogène (817), se combinant avec le calorique, formeroit un gas inflammable qui, en s'embrasant, augmenteroit beaucoup l'activité du feu.

L'Eau considérée dans l'état de vapeur.

1062. Lorsque l'eau est plus chaude que l'air qui la touche, la matiere de la chaleur, qui tend toujours à se répandre uniformément, en sortant de l'eau, en emporte les parties les plus subtiles & les moins adhérentes à la masse, &

en ſe combinant avec elles, réduit cette portion de l'eau à l'état de vapeur, ou de fluide élaſtique. Ce fluide a des propriétés particulieres, & qui le diſtinguent de l'eau en liqueur.

1063. La vapeur eſt parfaitement inviſible, lorſqu'elle paſſe dans un air un peu ſec, & dont la température eſt un peu élevée, comme, par exemple, lorſqu'elle eſt de 18 ou 20 degrés, ou au deſſus.

1064. Mais ſi l'air qui reçoit la vapeur, eſt déjà chargé d'eau, & que ſa température ne ſoit que de 7 à 8 degrés ou au deſſous, alors la vapeur y devient apparente, & y forme un nuage très-ſenſible d'un gris blanc. Auſſi voit-on fumer en hiver l'eau qu'on tire d'un puits un peu profond, ce qui n'arrive pas en été. L'apparence de cette eſpece de nuage eſt due à ce que l'eau, qui forme la vapeur, ne peut pas ſe diſſoudre dans un air trop humide & trop condenſé.

1065. La combinaiſon du calorique avec les particules aqueuſes qui forment la vapeur, les raréfie au point que, dans cet état de fluide élaſtique, elles occupent un volume 12 ou 1400 fois plus grand que celui qu'elles avoient dans l'état de liqueur : ce qui leur donne une légéreté reſpective ſuffiſante pour s'élever dans l'air, & vaincre les frottemens qu'elles éprouvent dans

leur paſſage. C'eſt le même effet que celui que produit le calorique ſur les baſes de tous les fluides élaſtiques permanens dont nous avons parlé ci-devant (587 & *ſuiv.*).

1066. Lorſque la vapeur eſt expoſée à un grand degré de chaleur, elle augmente conſidérablement de volume. La chaleur de l'eau bouillante, qui ne raréfie l'eau que de $\frac{1}{26}$ (1052), raréfie la vapeur au point de lui faire occuper un volume 13 ou 14000 fois plus grand que celui de l'eau qui l'a formée. Il eſt aiſé de s'en aſſurer : prenez un tube de verre au bout duquel on aura ſoufflé une boule de 2 pouces de diametre ; faites-y paſſer un petit globule d'eau de 1 ligne de diametre : les ſolidités de ces deux ſpheres ſont entre elles, comme 13824 eſt à 1. Faites chauffer cette goutte d'eau & la réduiſez en vapeur ; elle remplira la boule de verre & en chaſſera tout l'air ; car ſi vous plongez alors le bout du tube dans de l'eau (un peu chaude, de peur de caſſer la boule), à meſure que la vapeur ſe condenſera par le refroidiſſement, la preſſion de l'athmoſphere y portera de l'eau autant qu'il en faut pour remplir la boule : donc tout l'air en avoit été chaſſé ; donc l'eau, en ſe réduiſant en vapeur, a rempli en entier la boule, & a pris un volume environ 14000 fois plus grand.

1067. Mais ſi la vapeur eſt retenue par des obſtacles, la chaleur augmente ſon reſſort autant qu'elle auroit augmenté ſon volume, ſi elle avoit eu la liberté de s'étendre. En vertu de cette augmentation de reſſort, elle fait donc alors, contre tout ce qui lui réſiſte, des efforts prodigieux & capables de vaincre des obſtacles conſidérables. On en a des exemples très-ſaillans dans ces ſuperbes machines appelées *pompes à feu*, & qui ſont aujourd'hui bien connues de tous les Phyſiciens & de tous les Artiſtes. Dans celle qui eſt établie à Chaillot, la vapeur ſouleve le piſton du grand cylindre, qui a 5 pieds de diametre, & qui eſt chargé d'une colonne d'air qui peſe plus de 43500 livres.

1068. L'effort de la vapeur ainſi retenue, cauſe quelquefois des accidens fâcheux. On rafraîchit les canons qui ont tiré pendant un certain temps, avec l'écouvillon, qui n'eſt autre choſe qu'un torchon mouillé attaché au bout d'un bâton. S'il arrive que le torchon rempliſſe trop exactement le calibre, la vapeur qui ſe forme dans le fond du canon, ne pouvant s'étendre, chaſſe l'écouvillon avec violence, & emporte quelquefois le bras du Canonnier. On pourroit prévenir cet accident, en employant, au lieu d'un bâton, un tuyau creux, qui donneroit une iſſue à la vapeur. Je ſuis toujours étonné qu'on

ne faſſe pas uſage d'un moyen auſſi ſimple, qu'il y a cependant long-temps qu'on enſeigne publiquement.

L'Eau conſidérée dans l'état de glace.

1069. Nous avons dit ci-deſſus (1043) que l'eau n'eſt dans l'état de liqueur que lorſqu'elle eſt combinée avec une aſſez grande quantité de la matiere de la chaleur pour entretenir ſes parties mobiles entre elles. Lorſque par le voiſinage d'un air froid, elle perd, 1°. du calorique libre, elle ſe refroidit, mais demeure liqueur : ſi enſuite elle perd ſon calorique combiné, lequel eſt néceſſaire pour ſoutenir ſes parties, les empêcher de ſe réunir, & entretenir leur mobilité reſpective, alors ſes parties ſe rapprochent, ſe touchent plus intimement, &, par la force de la cohéſion, adherent les unes aux autres, de maniere à former un corps dur que l'on nomme *glace*.

1070. L'eau, en ſe gelant, perd donc la matiere de la chaleur qui y étoit combinée, comme nous le verrons ci-après (1098). Ce paſſage de l'eau de l'état de liqueur à celui de glace, & qu'on appelle *congélation*, n'eſt donc dû qu'à la diſette de la matiere de la chaleur ou du calorique combiné. C'eſt ainſi que penſent le plus grand nombre des Phyſiciens.

1071. MM. *de la Hire* & *Mufſchenbroëck* ont penſé autrement ; ils ont exigé, pour la congélation, des corpuſcules frigorifiques, ſalins ou nitreux, répandus dans l'air, qui, s'introduiſant dans les pores d'un fluide, arrêtent le mouvement de ſes parties, & les fixent en un corps ſolide & dur. Selon *Muſſchenbroëck*, 1°. ces corpuſcules frigorifiques ſalins ou nitreux fixent les parties de l'eau, en s'introduiſant dans ſes pores ; 2°. ils augmentent le volume de la glace, en la raréfiant pas leur pénétration ; 3°. ils en aident l'évaporation, en tendant à écarter ſes parties. Voyons ſi tout cela s'accorde avec les connoiſſances acquiſes.

1072. Outre que l'exiſtence de ces corpuſcules frigorifiques n'eſt nullement prouvée, 1°. on ſait que les ſels, dont la plupart ont en effet la propriété de refroidir l'eau (1059), ont en même temps celle de la rendre plus difficile à ſe geler : ces ſels de l'air qui feroient préciſément le contraire, ſeroient donc d'une nature bien différente de celle des ſels que nous connoiſſons. De plus, en été, on fait de la glace tout-à-fait ſemblable à celle de l'hiver : y a-t-il donc alors des parties frigorifiques en l'air ? Qu'on ne diſe pas qu'elles ſont dans le mélange de ſel & de glace dont on fait uſage ; car il faudroit dire auſſi pourquoi ce mélange fond en devenant plus

froid (1095). Ce ne ſont donc pas des corpuſcules frigorifiques ſalins qui fixent les parties de l'eau pour en faire de la glace.

1073. 2°. Si ce ſont ces corpuſcules ſalins qui augmentent le volume de la glace en la pénétrant, pourquoi font-ils un effet tout contraire ſur la plupart des matieres, qui, de même que l'eau, ſe durciſſent & ſe gelent par le froid? car la congélation des différentes ſubſtances eſt ſans doute produite par la même cauſe.

1074. 3°. Comment peut-on ſoutenir que ces corpuſcules ſalins hâtent l'évaporation de la glace, en tendant à en écarter les parties? puiſqu'on ſoutient en même temps qu'ils fixent ces parties, & font, à leur égard, l'office de colle. N'y a-t-il pas là une contradiction manifeſte? De plus, que l'on recueille avec ſoin de la neige ou de la grêle, venant immédiatement du nuage; qu'on la faſſe fondre, & qu'on en analyſe l'eau: on n'y trouvera aucun ſel. Ces parties ſalines ne ſont donc pas néceſſaires pour la congélation.

1075. L'eau augmente de volume en approchant de la congélation, comme le prouve l'expérience. Le vaiſſeau B D (*fig.* 148.) rempli d'eau *Fig.* 148.
juſqu'en E, étant plongé dans un vaſe où il y ait un mélange de ſel & de glace R S T V, l'eau s'éleve d'abord de E juſqu'en F; ce qui paroît

venir du rétréciſſement ſubit du vaiſſeau, qui a été promptement plongé dans un milieu froid (1135) : bientôt après, l'eau ſe condenſe à ſon tour, & deſcend peu à peu de F juſqu'en G, où elle s'arrête pendant quelque temps : mais bientôt, venant à ſe raréfier, elle s'éleve de G en H ; & peu d'inſtans après, par une violente raréfaction, elle ſe porte juſqu'en I. Alors l'eau paroît en B toute trouble, reſſemblant à un nuage, & c'eſt alors qu'elle commence à ſe convertir en glace. Pendant que la glace ſe durcit de plus en plus, & qu'une partie de l'eau contiguë au cou du vaiſſeau B ſe congele, l'eau continue toujours à s'élever de I vers D, & finit enfin par s'écouler en partie du vaiſſeau qui la contenoit.

1076. La glace, une fois formée, a un plus grand volume & une peſanteur ſpécifique moindre que celle de l'eau ; car elle y ſurnage. Il ne faut cependant pas, ainſi que l'a fait *Galilée*, regarder la glace comme de l'eau raréfiée ; elle eſt réellement condenſée : & l'augmentation de ſon volume, ainſi que de celui de l'eau dans le moment de la congélation (1075), n'eſt due qu'à l'air, qui, étant ſorti des pores de l'eau par le rapprochement de ſes particules, ſe ramaſſe en bulles, qui, ne pouvant ſortir de la maſſe, parce que la ſurface eſt communément la premiere

gelée, se répandent dans cette masse, & y occupent de nouvelles places, que cet air n'occupoit pas lorsqu'il étoit disséminé dans les pores. C'est ainsi qu'ont pensé les plus célebres Physiciens, *Huyghens*, *Homberg*, *Mariotte*, & *de Mairan.* Aussi observe-t-on que de la glace, faite avec de l'eau bien purgée d'air, est sensiblement plus pesante que l'autre; quoiqu'on n'ait pas encore pu parvenir à en faire de plus pesante ou même d'aussi pesante que l'eau, parce qu'il n'est pas possible de la purger de tout l'air qu'elle contient. Selon *de Mairan*, la glace, faite avec de l'eau purgée d'air, n'excede que de $\frac{1}{22}$ le volume d'eau qui l'a formée, tandis que la glace, faite avec de l'eau non purgée d'air, excede ce volume de $\frac{1}{9}$ ou $\frac{1}{10}$.

1077. C'est cette augmentation de volume, causée par un fluide dont l'élasticité est parfaite (907), qui donne tant de force à la glace. Les efforts qu'elle fait en certains cas sont prodigieux. Tout le monde connoît la fameuse expérience d'*Huyghens*, dans laquelle un canon de fer épais d'un doigt, rempli d'eau & bien fermé, ayant été exposé à une forte gelée, creva en deux endroits au bout de douze heures. *Musschenbroëck*, ayant calculé l'effort qu'avoit fait la glace en pareil cas, trouva qu'il étoit équivalent à une force capable de soulever un poids de 27720

livres ; ce qui eſt preſque incroyable. *Teutam. pag.* 135.

1078. On ne doit donc pas s'étonner que la glace faſſe caſſer les vaiſſeaux de faïence, de porcelaine, & même de fonte, qui la contiennent ; qu'elle ſouleve les pavés ; qu'elle faſſe crever les tuyaux de fontaine, qu'on n'a pas la précaution de tenir vides pendant la gelée ; qu'elle fende les pierres, les arbres, &c. La plupart de ces effets n'arrivent point quand la gelée a été précédée d'un temps ſec, parce qu'alors il ne ſe trouve point ſous les pavés, ni dans les fentes des pierres & des arbres, de l'eau qui puiſſe ſe geler.

1079. Une maſſe de glace formée par une congélation lente, paroît aſſez homogene & aſſez tranſparente depuis ſa ſurface, qui s'eſt gelée la premiere, juſqu'à quelques lignes de profondeur ; parce que les bulles d'air qui s'y forment (1076) paſſent, tant qu'elles le peuvent, dans la partie liquide. Mais dans le reſte de ſon intérieur, & ſur-tout vers ſon milieu, la glace eſt interrompue par une grande quantité de ces bulles d'air ; & la ſurface ſupérieure, qui d'abord étoit plane, ſe trouve élevée en boſſes & toute raboteuſe.

1080. Une congélation prompte répand indifféremment les bulles d'air dans toute la maſſe,

qui, par-là, eſt preſque entiérement opaque, parce que le tout eſt compoſé de petites parties de denſités différentes (1488); & la ſurface ſupérieure en devient auſſi plus convexe & plus inégale que dans le cas d'une congélation lente, parce que l'augmentation du volume de la glace (1076) eſt d'autant plus grande que la gelée eſt plus âpre.

1081. La glace des eaux courantes ſe forme tout autrement que celle des eaux dormantes. Lorſque le froid agit ſur une eau tranquille, il fait geler d'abord la ſurface : ſe communiquant enſuite de couche en couche, & pénétrant l'épaiſſeur de l'eau, il augmente celle de la glace la premiere formée. La plus grande partie de l'air, qui ſort des pores de l'eau, à meſure que ſes parties ſe rapprochent pour ſe réunir & prendre une forme ſolide, ne pouvant s'échapper par la ſurface ſupérieure, qui eſt déjà gelée, gagne le deſſous, & par-là interrompt moins la continuité de la glace. Auſſi la glace, ainſi formée, eſt ordinairement la plus dure, la plus unie, la plus tranſparente, & d'une couleur plus approchante de celle de l'eau. Il n'en eſt pas de même des glaçons qu'on voit flotter ſur les rivieres, lorſqu'elles charient; ils ont beaucoup moins de conſiſtance, & ſont comme ſpongieux; leur ſurface eſt inégale & raboteuſe; ils ſont

opaques & d'une couleur blanchâtre ; le dessous & les bords en sont souvent chargés d'une épaisseur assez considérable de glace impure, & remplie d'herbes, de sable, de terre, &c., & que l'on nomme *bouzin*. Il est aisé de rendre raison de ces différences, en considérant la façon dont ces glaçons sont formés.

1082. Lorsque le froid est assez grand, non seulement l'eau se gele aux bords des rivieres & dans les anses où elle n'est point agitée par le courant, mais aussi dans les endroits où ses parties n'ont aucune vîtesse respective, c'est-à-dire, où elles se meuvent toutes ensemble, & d'un mouvement commun qui ne les déplace point les unes à l'égard des autres : ce sont ces endroits qu'on appelle *miroirs*, qu'on voit communément aux grandes rivieres, & où l'eau semble être dormante. Lorsque la surface d'un de ces miroirs est prise, il en résulte un glaçon qui est emmené par le courant ; ce qui donne lieu à un autre de se former dans la même place, & ainsi de suite. Ces glaçons, ainsi formés & isolés, étant d'abord très-minces, se brisent au premier choc ; de sorte qu'il y en a très-peu qui demeurent entiers, ou dont les fragmens se conservent d'une certaine grandeur : le reste est brisé en mille pieces par toutes sortes d'accidens. La riviere se trouve donc alors couverte

de glaçons d'une certaine largeur qui ſuivent le courant, & d'une grande quantité de plus petits qui flottent au gré de l'eau, & que le moindre obſtacle arrête. De là il arrive deux choſes, 1°. les grands glaçons ayant plus de maſſe, & conſervant par conſéquent plus de vîteſſe que les petits, ces derniers ſont continuellement expoſés à être rencontrés par les premiers, & contraints par-là ou de s'amaſſer à leurs bords, & d'y former une croûte qui s'éleve ſouvent au deſſus du plan, ou de paſſer en deſſus ou en deſſous, & de s'y arrêter à cauſe du frottement. La gelée continuant toujours, fixe ces petits glaçons aux grands, mais d'une maniere imparfaite, parce qu'ils ne les touchent que par quelques points de leur ſurface. C'eſt cependant une des cauſes qui augmente conſidérablement l'épaiſſeur des grands glaçons. Etant donc formés de toutes pieces mal jointes, il n'eſt pas étonnant qu'ils aient peu de conſiſtance, qu'ils ſoient beaucoup moins durs que ceux des eaux dormantes, & qu'ils ſoient opaques & d'une couleur blanchâtre. 2°. Tous ces petits glaçons qui paſſent ſous les grands, outre qu'ils ne s'y fixent que foiblement, ne s'attachent auſſi que fort imparfaitement enſemble, & renferment entre eux, non ſeulement beaucoup d'air, mais encore beaucoup d'herbes, de ſable, de terre ou autres ſaletés, qu'ils ramaſſent

dans leur route, en touchant ſouvent le fond. Ce ſont ces derniers glaçons ainſi réunis, qui forment ce qu'on appelle *le bouzin* (1081).

1083. C'eſt le bouzin qui a fait croire à la plupart des gens de riviere, & même à d'excellens Phyſiciens, tels que *Boyle*, que les glaçons que charient les rivieres, ſe formoient d'abord au fond de l'eau, & s'élevoient enſuite à la ſurface. Le raiſonnement ſeul ſuffit pour faire penſer le contraire; car le froid qui fait glacer l'eau, venant de l'athmoſphere, ne peut avoir ſon effet au fond de l'eau, qu'il n'ait auparavant fait geler toute celle qui eſt au deſſus. De plus, dans le fond des grandes rivieres, qui ſont celles qui charient le plus de glaçons (car les petites ſont aſſez promptement priſes en entier), on ne trouve jamais de glaçons : ceux qui ſont chariés par ces rivieres, ne ſe ſont donc pas formés dans le fond.

1084. Il eſt bien vrai qu'on a obſervé quelquefois des glaçons au fond de l'eau, ſans que celle de deſſus eût été gelée; mais cela ne ſe trouve qu'au fond des ruiſſeaux ou des petites rivieres qui ont peu de profondeur, & jamais au fond des grandes : encore ce phénomene eſt-il peu fréquent. Il n'arrive point quand la gelée eſt âpre; parce qu'alors les petites rivieres, qui le plus ſouvent ne coulent qu'à leur ſurface, ſont

ſont promptement priſes en entier par la gelée. Mais ce phénomene peut avoir lieu, lorſque la gelée eſt peu forte, pourvu qu'elle dure un certain temps. Le froid ſe communique alors de proche en proche par le terrein, des deux rives jusqu'au milieu du fond : l'eau, qui, dans cet endroit, n'a qu'un mouvement très-lent, & qui eſt encore ralenti par le frottement qu'elle éprouve de la part du fond, peut ſe refroidir aſſez pour former des glaçons ſous l'eau non gelée. Mais ces glaçons ne ſont pas même de ceux qui ſont chariés ; car, pour qu'ils ſe détachaſſent du fond, il faudroit que le froid diminuât beaucoup, & c'eſt alors que les rivieres ne charient plus.

1085. La ſurface des grandes rivieres, vu la vîteſſe de leur courant, ſe géleroit en entier beaucoup plus tard, ſi les glaçons n'étoient pas arrêtés par quelque obſtacle, comme, par exemple, les ponts. C'eſt pourquoi il eſt bon de donner beaucoup de largeur à leurs arches, afin de laiſſer aux glaçons plus de liberté pour s'échapper.

1086. Quand la glace ſe fait aſſez tranquillement, & par un froid très-âpre, ſa dureté eſt conſidérable : elle ſurpaſſe quelquefois celle du marbre. Il paroît que la glace eſt d'autant plus capable de réſiſter à ſa rupture ou à ſon applatiſſement, qu'elle eſt plus compacte & plus dégagée d'air, ou qu'elle a été formée par un

plus grand froid & dans des pays plus froids. Les glaces du Spitzberg & des mers d'Islande sont si dures, qu'il est très-difficile de les rompre avec le marteau. Voici une preuve bien singuliere de la fermeté & de la ténacité de ces glaces septentrionales. Pendant le rigoureux hiver de 1740, on construisit à Saint-Pétersbourg, suivant les regles de la plus élégante architecture, un palais de glace de 52 $\frac{1}{2}$ pieds de longueur sur 16 $\frac{1}{2}$ de largeur & 20 pieds de hauteur, sans que le poids des parties supérieures & du comble, qui étoit aussi de glace, parût endommager le moins du monde le pied de l'édifice. La Néva, riviere voisine, où la glace avoit 2 ou 3 pieds d'épaisseur, en avoit fourni les matériaux. Pour augmenter la merveille, on plaça au devant du bâtiment six canons de glace avec leurs affûts de la même matiere, & deux mortiers à bombe dans les mêmes proportions que ceux de fonte. Ces pieces de canon étoient du calibre de celles qui portent ordinairement trois livres de poudre : on ne leur en donna cependant qu'un quarteron, & on les tira; le boulet d'une de ces pieces perça, à 60 pas, une planche de 2 pouces d'épaisseur : le canon, dont l'épaisseur étoit tout au plus de 4 pouces, n'éclata point par cette explosion. Ce fait peut rendre croyable ce que rapporte *Olaus-Magnus*

des fortifications de glace, dont il assure que les Nations septentrionales savent faire usage dans le besoin. (*De Mairan, Dissertation sur la glace, seconde part.* 3e. *sect. chap.* 3.)

1087. Si nous supposons une masse d'eau exposée dans un lieu tranquille, où la température soit de 6 à 7 degrés au dessous de la congélation, le repos, tant de cette masse d'eau que de l'air qui la touche immédiatement, produit souvent un effet, que j'ai observé plusieurs fois, & qu'il n'étoit pas facile de prévoir. Ce double repos empêche que l'eau ne se gele, quoiqu'elle ait acquis un degré de froid fort supérieur à celui qui naturellement lui fait perdre sa liquidité. De l'eau, dans cet état, vient-elle à éprouver la plus légere agitation, de la part de l'air ou de quelque autre corps environnant, elle se gele dans l'instant. Si, par exemple, elle est dans un pot, & qu'on veuille la verser, ce n'est pas de l'eau que l'on verse, c'est de la glace. C'est à *Fahrenheit* que nous devons la premiere observation de ce phénomene : c'est lui qui a vu le premier, avec la plus grande surprise, de l'eau refroidie au 15e. degré de son thermometre (ce qui répond à 7 $\frac{5}{9}$ degrés au dessous de zéro du thermometre de mercure de *de Luc*) se maintenir dans une liquidité parfaite jusqu'au moment où on l'agitoit ; cette expérience a réussi

de même à plusieurs autres Physiciens curieux de la répéter. Ce qu'il y a de très-singulier, c'est que de l'eau, ainsi refroidie de plusieurs degrés au dessous du terme de la glace, venant à se geler en conséquence de l'agitation qu'on lui imprime, fait monter, dans le temps qu'elle se glace, la liqueur du thermometre au degré ordinaire de la congélation : d'où il suit que l'eau diminue de froideur en se gelant; espece de paradoxe, qui a besoin de toute l'autorité de l'expérience pour pouvoir être cru, & que je vas tâcher d'expliquer.

1088. Le calorique combiné avec un corps, n'excite aucun degré de chaleur sensible (588). Nous verrons bientôt (1098) que pour que de la glace devienne liqueur ou que de l'eau demeure telle, il faut qu'une assez grande quantité de matiere de la chaleur soit combinée avec elle, & que cette quantité de calorique combiné ne la rend pas plus chaude, ce qui ne l'empêche pas de se refroidir, à mesure qu'elle perd de la matiere de la chaleur libre qui la pénetre. C'est pourquoi, tant qu'elle conserve le calorique combiné, elle garde sa liquidité, quoiqu'elle se refroidisse au dessous du terme de la congélation. Mais si elle passe à l'état de glace, elle perd nécessairement le calorique combiné, qui, prenant l'état de liberté, excite de la chaleur

ſenſible. Voilà pourquoi cette eau diminue de froideur en ſe gelant.

1089. Lorſque l'eau n'eſt pas pure, lorſqu'elle ſe trouve mêlée de ſubſtances étrangeres, il faut un plus grand degré de froid pour lui faire prendre l'état de glace; & ce degré de froid doit être plus ou moins conſidérable, ſuivant la nature & la quantité des ſubſtances mêlées à l'eau. Voilà pourquoi les ſels, le ſucre, les eſprits retardent la congélation de l'eau. Ces ſubſtances produiſent à peu près dans l'eau le même effet qu'y fait la matiere de la chaleur, ſoit libre, ſoit combinée; leurs particules étant placées entre chaque particule d'eau, les empêchent de ſe réunir, & leur conſervent ainſi leur mobilité reſpective juſqu'à ce qu'enfin la force de la cohéſion reſſerre ces parties, & oblige ces ſubſtances étrangeres à s'extravaſer en quelque ſorte, & à paſſer dans la partie encore liquide. Voilà pourquoi, quand de l'eau chargée de ſel, de ſucre ou d'eſprits, ſe gele, le centre du glaçon ſe trouve, plus que le reſte, chargé de ces ſubſtances, & cette glace eſt plus froide que la glace d'eau pure. Il en eſt ainſi de toutes les glaces que nous prenons en été: & comme il y en a qui ſont plus chargées que d'autres de ſucre ou d'eſprits, il y en a auſſi qui ſont de beaucoup plus froides les unes que les autres.

1090. Tout le monde ſait que les fruits ſe gelent pendant les hivers qui ſont un peu rudes. Dans cet état, ils perdent ordinairement tout leur goût ; & lorſque le dégel arrive, on les voit le plus ſouvent tomber en pourriture. Les parties aqueuſes que ces fruits contiennent en grande quantité, étant changées en autant de petits glaçons dont le volume augmente (1076), briſent & crevent les petits vaiſſeaux qui les renferment, ce qui détruit l'organiſation.

1091. On obſerve quelque choſe de ſemblable même ſur les hommes & les animaux qui habitent les pays froids. Il n'eſt pas rare d'y voir des gens qui ont perdu le nez ou les oreilles, pour avoir été expoſés à une forte gelée. Ces accidens ne ſont pas même ſans exemples dans les climats tempérés : j'ai été témoin d'un accident de cette eſpece, arrivé en Poitou, & qui fut bien funeſte à deux Bateliers : ils perdirent tous les doigts de chaque main, parce qu'on les fit dégeler trop promptement. Quand un membre a été gelé, on ne peut eſpérer de le ſauver, qu'en le faiſant dégeler fort lentement, en le tenant, par exemple, dans un lieu où il ne gele pas, plongé pendant quelque temps dans de la neige où de la glace pilée, juſqu'à ce qu'elle ſoit fondue : après quoi on le paſſe dans de l'eau un peu moins froide ; enſuite dans de

l'eau un peu tiede, & ainsi de suite, en l'échauffant peu à peu, & par des degrés qui croissent très-lentement. La lenteur du dégel est absolument nécessaire. Une fonte trop brusque, qui ne laisseroit pas aux parties d'un corps gelé le temps de reprendre l'ordre qu'elles ont perdu, détruiroit dans ce corps l'organisation qu'on y veut conserver.

1092. Il suit de là que les fruits qui sont gelés sur les arbres, sont perdus sans ressource, s'il survient un dégel trop prompt. Un pareil dégel n'est guere moins nuisible qu'une forte gelée qui succede tout à coup à une très-grande humidité.

1093. Il n'en est pas de même du froid qui fait geler l'eau, comme de la chaleur qui l'a fait bouillir : l'eau qui bout, n'augmente plus de chaleur, quelque long-temps qu'on la chauffe (1052) : mais la glace étant une fois formée, si elle se trouve exposée à un froid qui dure un certain temps, & qui aille en augmentant, elle devient toujours de plus en plus froide.

1094. La glace peut aussi devenir plus froide artificiellement, & cela en y mêlant des sels, ou des esprits ardens ou acides. De tous les sels, celui qui est le plus propre à refroidir la glace, est le sel marin ou muriate de soude ; & la dose la plus convenable est trois parties de

ſel & huit parties de glace, meſurant par le poids.

1095. Ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que ces ſels ou eſprits font fondre la glace en la refroidiſſant. De la glace qui ne peut être glace que par le froid, & qui cependant ceſſe d'être glace en ſe refroidiſſant, eſt un phénomene bien ſingulier, & très-difficile à expliquer pour ceux qui font conſiſter la liquidité dans un mouvement actuel des parties du liquide, & qui prétendent que les ſels refroidiſſent l'eau, parce qu'ils ralentiſſent ce mouvement; car, dans le cas préſent, les ſels rendent la liquidité à la glace; donc, ſelon eux, ils ne ralentiſſent pas le mouvement, ils le raniment : cependant ils la refroidiſſent; donc ce froid n'eſt pas le ſigne d'un mouvement ralenti. Mais ce phénomene devient aiſé à expliquer, en diſant que la mobilité reſpective des parties ſuffit pour la liquidité; & que la diminution de la quantité de la matiere de la chaleur en état de liberté ſuffit pour le refroidiſſement. Or c'eſt ce qui a lieu dans le cas dont il s'agit; car le ſel & la glace, en ſe pénétrant mutuellement, 1°. rétabliſſent cette mobilité reſpective des parties, ce qui aide la glace à ſe fondre; 2°. ils chaſſent pour un temps de leurs pores une portion de la matiere de la chaleur libre qui y étoit; & il y en a une

partie qui perd sa liberté en se combinant avec la glace pour la faire devenir liqueur : c'est pourquoi le mélange se refroidit. Cette pénétration mutuelle, du sel & de la glace, est prouvée d'une maniere incontestable, 1°. par la fusion réciproque de ces deux substances; 2°. parce qu'elles occupent, après la fusion, moins d'espace qu'auparavant. Or cette fusion est une condition absolument essentielle au refroidissement; car si l'on desseche la glace & le sel par un froid de 12 ou 14 degrés, de maniere qu'il ne reste plus rien d'humide qui puisse commencer la fusion, le mélange ne se refroidit pas, parce qu'il n'y a ni fusion ni pénétration. Et si l'on disoit que la glace est alors tellement refroidie que son froid ne peut plus augmenter, on seroit convaincu du contraire, en versant sur cette glace de l'esprit-de-vin ou de l'acide nitrique ou muriatique : le refroidissement seroit considérable, & pourroit aller jusqu'à 30 degrés.

1096. Quoique la glace soit un corps solide & très-dur (1086), elle s'évapore considérablement, & même plus que l'eau en temps égal. Cela vient, ainsi que l'a pensé *de Mairan*, de la contexture particuliere de la glace, qui, occupant un plus grand volume que l'eau (1076), offrant une plus grande superficie,

hérissée d'un grand nombre d'inégalités, doit, par cela même, nonobstant sa dureté, donner plus de prise à la cause générale de l'évaporation (1062). On peut ajouter à cette cause, que la sécheresse de l'air & le vent, accompagnant presque toujours dans nos climats les grandes gelées, doivent augmenter de beaucoup l'évaporation; car un air sec est plus disposé à se charger de vapeurs, qui s'élevent d'ailleurs, en plus grande quantité, quand cet air est sans cesse renouvelé.

1097. Si-tôt que la chaleur se ranime dans l'air, & qu'elle devient supérieure au degré qui opere la congélation, la glace se combine avec le calorique, & fond; & sa fusion est plus ou moins prompte, suivant la densité des corps qui la touchent, en supposant tous ces corps d'une température égale. Aussi la glace fond-elle plus promptement dans l'eau que dans l'air, plus promptement sur du marbre que sur du bois, parce que ces premiers corps, étant plus denses, touchent la glace en un plus grand nombre de points, & par-là lui communiquent plus promptement de leur chaleur. Le dégel n'est jamais plus général & plus prompt, que par un vent de sud doux & humide.

1098. La glace ne se fond qu'en se combinant avec une assez grande quantité de matiere

de la chaleur, laquelle n'ajoute rien à sa température (588). Il est aisé de s'en convaincre par l'expérience suivante. Mettez dans un vase convenable une livre de glace pilée ; plongez-y un thermometre de mercure de *de Luc*, lequel est divisé en 80 degrés depuis le terme de la congélation jusqu'à celui de l'eau bouillante ; cet instrument s'y fixera à zéro ou terme de la congélation. Versez sur cette glace pilée une livre d'eau chauffée à 60 degrés ; au bout de quelques instans la glace sera entiérement fondue, & la température du mélange se trouvera encore à zéro. Ce qui prouve que toute la matiere de la chaleur libre, capable de faire sentir ces 60 degrés de chaud, s'est combinée avec la glace pour la faire passer à l'état de liqueur, & n'en a point augmenté la température. Il n'en seroit pas ainsi, si, avant le mélange, la glace étoit déjà en liqueur, n'eût-elle qu'une température de 1 degré au dessus de la congélation, ou même quand elle auroit une température de 6 degrés au dessous : alors la température du mélange seroit la moitié de la somme des deux. Si la température de l'eau froide étoit de 1 degré au dessus de la congélation, celle du mélange seroit de 30 $\frac{1}{2}$ degrés, moitié de 60 plus un ; & si la température de l'eau froide étoit de 6 degrés au dessous de la congélation, celle du mélange

ſeroit de 27 degrés, moitié de 60 moins 6. MM. *Lavoiſier* & *de la Place* (*Mém. de l'Acad.* 1780, *pag.* 373) ont énoncé ce phénomene, indépendamment des diviſions arbitraires des poids & du thermometre, d'une maniere générale, & comme il ſuit : *La chaleur néceſſaire pour fondre la glace, eſt égale aux trois quarts de celle qui peut élever le même poids d'eau, de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante.*



CHAPITRE XIII.

De la nature & des propriétés du Feu.

1099. CE que l'on appelle vulgairement *feu*, n'eſt autre choſe qu'un corps embraſé, dont les parties ſe déſuniſſent & s'évaporent en fumée, en flamme, en vapeur, &c. Aux yeux d'un Phyſicien, cet embraſement n'eſt que l'effet d'une cauſe qui s'eſt long-temps dérobée à nos recherches, mais de laquelle nous pouvons dire que nous avons aujourd'hui plus de connoiſſance que nous n'en avions ci-devant. On convient donc unanimement aujourd'hui que ce qui cauſe l'embraſement des corps, eſt une vraie matiere, mais qui a beſoin d'être excitée pour agir. Et comme la matiere qui fait embraſer les corps, eſt capable de nous éclairer; & que celle qui les rend viſibles, eſt capable de les embraſer: il eſt aſſez raiſonnable de penſer que le principe du feu & celui de la lumiere ſont une ſeule & même ſubſtance, mais différemment modifiée.

1100. Examinons premiérement cette matiere comme cauſe de la chaleur & de l'embraſement: & voyons, 1°. quelle eſt ſa nature; 2°. quels

ſont les moyens d'exciter ſon action ; 3°. de quelle maniere cette action ſe propage ; 4°. quels ſont ſes effets ſur les corps ; 5°. quels ſont les moyens d'augmenter ſon action, ou de la diminuer, ou même de la faire ceſſer.

De la nature du Feu.

1101. Le principe du feu eſt un fluide très-ſubtil, très-rare, très-élaſtique, non peſant, répandu dans toute la ſphere de l'Univers, qui pénetre les corps avec plus ou moins de facilité, qui tend, lorſqu'il eſt libre, à ſe mettre en équilibre dans tous, & auquel on a ſucceſſivement donné les noms de *Principe inflammable*, *Principe de la chaleur*, *Matiere de la chaleur*, & que les Modernes ont appelé *le calorique.*

1102. Ce fluide pénetre de part en part tous les corps, même les plus durs : il ſe combine avec pluſieurs ; il tend à ſe répandre uniformément. Seul, il ſuffit pour échauffer les corps ; mais ſeul, il ne ſuffit pas pour les brûler, il faut qu'il ſoit aidé par un autre fluide, qui eſt l'air pur (664) : & le concours de ces deux fluides ne ſuffit même pas, ſi leur action n'eſt excitée par quelques moyens que les hommes ſeuls ſavent employer.

1103. La matiere de la chaleur eſt d'une nature fixe & inaltérable : elle eſt tellement

fluide, qu'elle ne cesse jamais de l'être, à moins qu'elle ne se combine avec certains corps : de plus, elle est la principale cause de la fluidité des corps. C'est par son action que leurs parties s'écartent, se séparent les unes des autres, perdent leur adhérence, & reçoivent enfin cette mobilité respective, en quoi consiste leur fluidité. C'est par le ralentissement de son action ou par son absence que les parties se rapprochent, adherent les unes aux autres, se lient & reprennent enfin la consistance qu'elle leur avoit fait perdre. Je pense même qu'on peut dire que la matiere de la chaleur est la seule substance fluide par elle-même; & que sans elle, rien ne contrebalançant la tendance générale que toutes les parties de la matiere ont les unes vers les autres (194), elles seroient unies toutes ensemble de maniere à ne former qu'un solide.

1104. La matiere de la chaleur est capable d'entamer les corps les plus durs : rien ne lui résiste; & elle résiste à tout. On peut la regarder comme un dissolvant universel; propriété qui la distingue essentiellement de toutes les autres substances.

1105. La matiere de la chaleur est présente par-tout : tous les corps en sont comme imbibés. Elle est dans la terre que nous habitons, dans l'air que nous respirons, dans les alimens qui

nous nourriſſent, dans nous-mêmes ; & quoiqu'elle ſoit capable de tout détruire, de tout conſumer ; comme ſon action n'eſt jamais d'elle-même aſſez forte pour cauſer l'embraſement (1102), bien loin de nous nuire, c'eſt par elle que nous vivons : elle fait partie du fluide que nous reſpirons (647), & elle eſt preſque la ſeule portion de ce fluide qui ſerve à entretenir la vie (936).

1106. La matiere de la chaleur ou le calorique exiſte ſouvent dans les corps en deux états ; dans celui de combinaiſon, & dans celui de liberté (588). Dans le premier état, cette matiere n'excite aucune chaleur ſenſible à nos organes ; au contraire, dans l'état de liberté, elle excite une chaleur d'autant plus forte, qu'elle eſt plus abondante.

1107. A température égale, les différens corps ne contiennent point, ſous le même volume, une égale quantité de la matiere de la chaleur ou du calorique combiné ; & il y a entre eux, à cet égard, des différences indépendantes de leurs denſités reſpectives. On a cherché à meſurer cette quantité de calorique que ſont capables de contenir les différentes eſpeces de corps : MM. *Lavoiſier* & *de la Place* (*Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1780, *pag.* 355) ont fait, dans cette vûe, des expériences ingénieuſes. Pour bien

bien entendre ceci, il faut ſavoir que, lorſqu'on rend libre la matiere de la chaleur combinée dans un corps, il en réſulte un degré de chaleur ſenſible d'autant plus fort, qu'il s'en dégage davantage. C'eſt cette quantité de matiere de la chaleur combinée dans ce corps, qu'on a appelée ſa *chaleur ſpécifique*. Pour la meſurer, ces Meſſieurs ont placé les corps dans un vaſe intérieur, entouré d'un autre vaſe rempli de glace, laquelle étoit elle-même garantie de la chaleur de l'athmoſphere par un autre entourage de glace contenue dans un troiſieme vaſe qui entouroit le ſecond. Le calorique qui ſe dégage du corps mis en expérience, fait paſſer une partie de la glace du ſecond vaſe de l'état de ſolide à l'état de liquide, en ſe combinant avec elle, & par conſéquent ſans rien ajouter à ſa température (1098). Cette portion de glace fondue s'écoule dans un vaſe placé au deſſous de la machine. On ſait quelle eſt la quantité de calorique qui doit ſe combiner avec la glace pour la faire fondre (1098) : la quantité de glace fondue dénote donc la quantité de calorique qui s'eſt dégagée du corps mis en expérience, ce qui détermine ſa *chaleur ſpécifique*.

1108. Il réſulte de ce que nous venons de dire (1107) que, dans le paſſage d'un corps de l'état ſolide à l'état fluide, il y a une grande

quantité de chaleur qui eſt abſorbée, en ſe combinant avec ce corps; voilà pourquoi, dans le moment du dégel, le froid eſt encore très-ſenſible. La même choſe arrive dans le paſſage de l'état fluide à celui de vapeurs; voilà pourquoi toutes les fois qu'une ſubſtance s'évapore de deſſus un corps, elle le refroidit (1171). Le contraire arrive, c'eſt-à-dire qu'il y a de la chaleur produite, lorſqu'un corps paſſe de l'état de vapeurs à celui de fluide, ou de l'état de fluide à celui de ſolide.

1109. Si donc, dans une combinaiſon ou dans un changement d'état quelconque, il y a une diminution de chaleur libre; cette chaleur reparoîtra toute entiere, lorſque les ſubſtances reviendront à leur premier état : & réciproquement, ſi dans la combinaiſon ou le changement d'état, il y a une augmentation de chaleur libre, cette nouvelle chaleur diſparoîtra dans le retour des ſubſtances à leur état primitif. Ce principe eſt confirmé par l'expérience; & MM. *Lavoiſier* & *de la Place* (*Mém. de l'Acad. des Sciences*, *an.* 1780, *pag.* 359) l'ont généraliſé & étendu à tous les phénomenes de la chaleur, de la maniere ſuivante : *Toutes les variations de chaleur, ſoit réelles, ſoit apparentes, qu'éprouve un ſyſtême de corps, en changeant d'état, ſe reproduiſent dans un ordre inverſe, lorſque le ſyſtême repaſſe à ſon premier état.*

Des moyens par lesquels on peut exciter l'action du Feu.

1110. Nous n'employons communément, pour exciter l'action du feu, qu'un de ces trois moyens; savoir, 1°. le choc ou le frottement des corps solides; 2°. la fermentation ou l'effervescence; 3°. la réunion des rayons solaires.

1111. *Premier moyen.* Le choc ou le frottement des corps solides est le moyen le plus fréquemment employé pour exciter l'action du feu. On sait qu'on commence à allumer du feu en frottant ou heurtant un briquet ou un fusil d'acier trempé contre une pierre. Il n'y a point de corps solides qu'on ne puisse du moins échauffer, en les heurtant ou les frottant; & il y en a peu dont la chaleur, ainsi excitée, ne puisse augmenter au point de les faire étinceler ou de les embraser; car alors le calorique libre, qui est dans ces corps, s'anime; & par sa pénétration entre les parties, les dispose à se combiner avec l'oxigène, que fournit l'air ambiant. Or c'est en cette combinaison que consiste la combustion (653). Mais ces effets sont plus ou moins prompts, plus ou moins grands, selon la nature des corps que l'on frotte ou que l'on heurte, & selon la durée ou la violence des chocs ou des frottemens. Pour ce qui regarde

la nature des corps, ce ſont ceux qui ont le plus de ténacité & de reſſort, qui ſont les plus propres à s'échauffer ou à s'enflammer par les chocs ou le frottement : & comme l'effet du frottement croît par la preſſion & la vîteſſe (100 & 106), plus la colliſion eſt violente & fréquente, plus auſſi elle eſt efficace. En effet, on peut faire rougir une lame d'acier médiocrement chauffée, en la frappant à coups redoublés ſur une enclume : cela n'arriveroit pas à une lame de plomb, car le plomb ne rougit qu'après être fondu ; il faudroit donc qu'il fondît ſous le marteau, ce qui n'arrive pas. Si l'on frotte des bois pour les enflammer, ce ſont ceux qui ſont les plus durs & les plus ſecs, qui s'allument le plus aiſément. Si l'on ſe laiſſe gliſſer le long d'une corde, ſon frottement contre les mains y produit des ampoules, comme ſi l'on eût empoigné un fer rouge.

1112. *Second moyen.* La fermentation & l'effervefcence ne peuvent avoir lieu, ſans exciter de la chaleur, qui va quelquefois juſqu'à l'embraſement. Si l'on mêle enſemble deux ſubſtances qui ſoient très-diſpoſées à ſe pénétrer mutuellement, à s'introduire dans les pores l'une de l'autre, il s'excite une effervefcence qui produit de la chaleur.

1113. EXPÉRIENCE. Verſez un acide ſur un

alkali, il s'excitera une effervefcence qui produira une chaleur fenfible. Mêlez à de l'eau de l'acide fulfurique bien déphlegmé ; il fe produira une chaleur très-vive, & qui peut l'être affez pour faire caffer le vafe, s'il eft de matiere fragile. Jetez fur de l'huile un acide très-concentré, comme de l'acide nitrique très-déphlegmé; la fermentation peut être affez vive pour que le feu y prenne fur le champ. Un mélange d'eau & d'efprit-de-vin s'échauffe auffi affez fenfiblement. Tous ces effets font produits par les frottemens occafionnés par la pénétration mutuelle des deux fubftances ; car les chocs ou les frottemens agitent les particules des corps, ainfi que la matiere de la chaleur libre qui eft logée dans leurs pores : ce mouvement ajoute à l'action de cette matiere de la chaleur, laquelle peut bien être augmentée ou diminuée, mais qui n'eft jamais totalement interrompue. De là réfulte le degré de chaleur qui fe fait fentir ; & s'il eft très-grand, la combinaifon avec l'oxigène (1111) a lieu, d'où fuit l'embrafement.

1114. La pénétration mutuelle des deux fubftances, dont nous venons de parler (1113), eft prouvée par l'expérience ; car le volume eft moindre après le mélange, qu'auparavant. Si l'on mêle enfemble une pinte d'eau & une pinte d'efprit-de-vin, le mélange ne fera pas fuffifant

pour remplir un vaſe de la capacité de deux pintes : donc il y a pénétration des deux ſubſtances dans les pores l'une de l'autre. (*Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1733, *pag.* 165; *& an.* 1769, *pag.* 433).

1115. Nous avons dit ci-devant (1095) que l'eſprit-de-vin jeté ſur la glace, la refroidit, en la faiſant fondre : nous venons de voir (1113) que l'eſprit-de-vin mêlé à l'eau, l'échauffe ; deux effets qui paroiſſent oppoſés, quoiqu'ils ſoient produits par la même cauſe ; car dans l'un & l'autre cas, c'eſt le mélange des deux mêmes ſubſtances. La différence de ces deux effets dépend de bien peu de choſe ; car un degré de chaleur de plus ou de moins fait que l'eau eſt liqueur ou glace : or cela vient de cette différence d'état. Dans l'un & l'autre cas, il y a pénétration mutuelle des deux ſubſtances ; ce qui chaſſe pour un temps une portion de la matiere de la chaleur libre, & cauſe du refroidiſſement : cette pénétration occaſionne des frottemens, qui excitent l'action de la matiere de la chaleur qui demeure, & élevent de quelques degrés la température. Il y a donc là deux effets oppoſés, dont on n'apperçoit que l'excès du plus fort ſur le plus foible. Dans l'eau, la pénétration eſt très-prompte : les frottemens ſont donc alors aſſez vifs pour faire plus que compenſer la perte de la matiere de la chaleur : en conſéquence, la

chaleur excitée par les frottemens surpasse le refroidissement causé par l'absence du calorique. Au contraire, dans la glace, la pénétration est lente, ainsi que les frottemens, qui, pour cette raison, ne produisent que peu d'effet : la chaleur qu'ils excitent n'est donc pas capable de compenser le refroidissement causé par la perte du calorique libre qu'occasionne la pénétration. De plus, il faut une assez grande quantité de nouveau calorique combiné avec la glace, pour la faire passer à l'état de liqueur (1095, 1098). Voilà pourquoi, dans ce cas-là, on n'apperçoit que du refroidissement.

1116. La putréfaction est elle-même une vraie fermentation : aussi tous les corps qui se pourrissent, en se combinant avec la base de l'air pur, s'échauffent par l'état de liberté que prend son calorique. Du foin serré, avant d'être sec, peut fermenter & s'échauffer au point de s'embraser, & de mettre le feu au grenier.

1117. *Troisieme moyen.* Les rayons solaires échauffent tous les corps qui sont exposés à leur action. Ces rayons sont certainement composés de la matiere de la chaleur animée & mise en action par le soleil (1099) : cette matiere s'insinue donc entre les particules des corps, & ajoute à la quantité que ces corps en contenoient déjà : de là résulte le degré de chaleur qui se fait sentir.

1118. Ce degré de chaleur eſt toujours beaucoup au deſſous de celui qui eſt néceſſaire pour l'embraſement : auſſi n'a-t-on jamais vu de corps s'embraſer, pour avoir été ſeulement expoſé aux rayons du ſoleil. Mais ces mêmes rayons ſont capables de fondre ou de brûler les corps fuſibles ou combuſtibles ſur leſquels on les multiplie : ce qui peut ſe faire de pluſieurs manieres.

1119. EXPÉRIENCE. Que ſur un grand nombre de petits miroirs plans on reçoive les rayons ſolaires, & qu'on les dirige ſur un même corps. Ce corps ſera d'autant plus échauffé, qu'on fera tomber ſur lui un plus grand nombre de ces rayons. Mais ſi l'on veut les multiplier davantage, il faut faire les expériences ſuivantes.

1120. EXPÉRIENCE. Préſentez aux rayons ſolaires un miroir concave, de maniere que le plan du miroir ſoit, le plus qu'il ſera poſſible, perpendiculaire aux rayons incidens. Il ſe formera, au devant de ce miroir, un cône de lumiere très-vive. Nous en verrons la raiſon ci-après (1261), en traitant de la Catoptrique. Si, au ſommet de ce cône lumineux (point que l'on appelle *foyer* du miroir), on place quelques corps, ils y fondent, brûlent, ſe calcinent ou ſe vitrifient très-promptement, ſuivant leur nature. La ſurface d'un miroir concave eſt compoſée de lignes circulaires ; mais un cercle eſt

un polygone d'une infinité de côtés : la surface de ce miroir est donc un assemblage de très-petits miroirs plans, insensiblement inclinés entre eux. Chacun d'eux réfléchit vers un même point les rayons qu'il reçoit ; ce qui rassemble ces images dans un très-petit espace. Leur nombre est d'autant plus grand, que la surface du miroir a plus d'étendue, que ce miroir a un plus grand diametre. On conçoit aisément que ces images, ainsi multipliées sur un même corps, peuvent former un foyer assez ardent pour produire les effets que nous avons annoncés.

1121. EXPÉRIENCE. Si l'on présente, aux rayons solaires, une lentille convexe de verre, de maniere que son axe prolongé soit parallele, ou à peu près, aux rayons incidens, il se forme, derriere la lentille, un cône de lumiere fort vive, de même qu'il s'en forme un, en pareille circonstance, au devant d'un miroir concave (1120). Nous en verrons la raison ci-après (1355), en traitant de la Dioptrique. Si au sommet de ce cône lumineux (point que l'on appelle *foyer* de la lentille), on place quelques corps, ils y éprouvent les mêmes effets qu'au foyer du miroir concave (1120). D'où l'on doit conclure que, de quelque maniere que les rayons solaires soient réunis, ils produisent une chaleur d'autant plus active, qu'ils se trouvent rassemblés en plus

grande quantité dans un plus petit eſpace.

1122. L'activité du foyer d'une lentille eſt relative, non ſeulement au nombre des rayons réunis dans un eſpace donné, & par conſéquent à l'étendue de la ſurface de la lentille, ou à la grandeur de ſon diametre ; mais encore à la maniere dont ces rayons ſe réuniſſent : car ſi, entre une lentille & ſon foyer, vers la moitié ou les deux tiers de la longueur de l'axe du cône lumineux, on place une ſeconde lentille convexe, qui ne manquera pas de rendre les rayons plus convergens, l'activité du foyer en ſera conſidérablement augmentée, quoiqu'il s'y trouve un moindre nombre de rayons réunis ; puiſque pluſieurs ſont interceptés par les parties ſolides de la lentille. D'où il ſuit que *le foyer eſt d'autant plus actif, que les rayons ſe réuniſſent en formant entre eux des angles plus ouverts.* En effet, l'expérience m'a appris que les rayons qui paſſent vers les bords de la lentille, ont leur point de réunion plus près de la lentille, & forment entre eux des angles plus ouverts, que ne le font ceux qui paſſent vers l'axe ; & qu'en même temps ceux des bords forment un foyer plus actif que celui qui eſt formé par les autres. (*Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1774, *pag.* 67.)

1123. Les effets produits ſur les corps par

une lentille exposée aux rayons solaires, dépendent uniquement de la transparence & de la figure : tout corps transparent, ayant la figure lenticulaire, produira donc les mêmes effets. Ainsi, si à un morceau de glace d'eau on donne une pareille figure, & qu'on l'expose aux rayons solaires, il se formera derriere elle un foyer brûlant. Une liqueur quelconque, bien transparente, telle que de l'eau, de l'esprit-de-vin, de l'huile de térébenthine, &c. placée entre deux calottes sphériques de verre, produit les mêmes effets.

1124. On peut dire la même chose des miroirs concaves : leurs effets ne dépendent que de la figure & du poli de la surface ; car on a fait des miroirs de plâtre, de carton, de paille, qui ont formé des foyers brûlans.

1125. Les rayons solaires ne paroissent produire de la chaleur, que lorsqu'ils agissent sur quelque corps. J'ai placé mon doigt tout près du foyer de la grande lentille de M. *Trudaine*, qui a 4 pieds de diametre : je n'y ai pas senti plus de chaleur, que si j'en eusse été éloigné de 20 pieds. Mais lorsque je plongeois quelque corps dans ce foyer, il se répandoit tout autour une chaleur si vive, que mon visage la soutenoit à peine.

De la maniere dont l'action du Feu se propage.

1126. L'action du feu se propage dans les corps de deux façons : 1°. elle n'y cause qu'un léger mouvement intestin, d'où il résulte une augmentation de chaleur, qui écarte les unes des autres les parties du corps chauffé, car ce corps augmente de volume (1134); ce corps devient donc plus chaud & plus grand qu'il n'étoit auparavant, par la chaleur qu'on lui a communiquée. Tel est, par exemple, un morceau de métal ou une pierre exposée auprès du feu ou aux rayons du soleil. 2°. Cette action du feu agite tellement la matiere propre du corps qui y est exposé, qu'elle en désunit les molécules, & que souvent elle les enleve & les dissipe, comme cela arrive à un morceau de bois que l'on place sur des charbons ardens.

1127. Lorsqu'il n'y a que communication de chaleur, tout paroît se passer conformément aux loix connues : la chaleur acquise par un corps, est perdue par celui qui la lui communique. Le corps qui en acquiert, devient plus chaud qu'il n'étoit : celui qui en communique devient moins chaud; & cette variation continue d'avoir lieu, si l'on leur en donne le temps, jusqu'à ce que les deux corps soient arrivés à une température égale, laquelle est toujours plus forte que n'étoit celle du corps qui en a acquis; mais aussi tou-

jours plus foible que n'étoit celle du corps qui en a communiqué. C'eſt ainſi qu'un corps auquel on a imprimé une certaine quantité de mouvement, en perd toujours de plus en plus, à meſure qu'il en communique à une plus grande quantité de matiere (141).

1128. Il n'en eſt pas de même, lorſque la chaleur eſt portée juſqu'à l'embraſement : alors l'action du feu ſe propage avec accroiſſement ; ſes effets deviennent toujours de plus grands en plus grands, à meſure qu'elle agit ſur une plus grande quantité de matiere : en un mot, une étincelle devient un incendie. Il eſt aiſé, d'après ce que nous avons dit, de rendre raiſon de ce ſingulier phénomene.

1129. Le calorique combiné avec une ſubſtance quelconque, ne fait ſentir aucune chaleur (588) : mais la chaleur devient d'autant plus grande, & ſes effets ſont d'autant plus rapides, qu'il y a une plus grande quantité de calorique qui prend l'état de liberté (1106). Voyons donc ce qui fournit cette grande quantité de calorique libre dans la combuſtion des corps. Les corps ne peuvent brûler qu'en contact avec l'air pur (664) ; parce que la combuſtion conſiſte dans la combinaiſon de la baſe de cet air, appelée *oxigène*, avec le corps combuſtible (653). Or l'air pur contient une grande quantité de

calorique combiné avec ſa baſe, avec l'oxigène (647 & 662). Lors donc que ſon oxigène ſe combine avec le corps qui brûle, ſon calorique prend l'état de liberté, & ſe réunit à celui qui avoit déjà occaſionné le commencement de l'embraſement. De là réſulte une augmentation de chaleur, qui diſpoſe un plus grand nombre de particules du corps combuſtible à ſe combiner avec l'oxigène fourni par l'air qui ſe renouvelle; car ſi ce renouvellement de l'air n'a pas lieu, la combuſtion ceſſe (643 & 653). Ce nouvel oxigène, en ſe combinant avec le corps combuſtible, abandonne pareillement ſon calorique, lequel, devenant libre, s'échappe avec les caracteres qu'on lui connoît, c'eſt-à-dire, avec chaleur, lumiere & flamme : & plus il y aura d'oxigène ainſi combiné & fixé dans un temps donné, plus auſſi il y aura de calorique qui deviendra libre à la fois ; & plus par conſéquent l'embraſement ſera éclatant & rapide. Il eſt maintenant aiſé de voir pourquoi les progrès de l'inflammation ſe font toujours avec accroiſſement.

1130. Dans toute combuſtion il y a donc de l'air pur décompoſé, du calorique dégagé & devenu libre, & par conſéquent de la chaleur produite; mais une chaleur plus ou moins grande, ſuivant la nature du corps qui brûle. Car, ſuivant les expériences de MM. *Lavoiſier* & *de la Place* (*Mém.*

de l'Acad. des Sciences, an. 1780, *pag.* 397), une once de charbon, en brûlant, consomme 4037,5 pouces cubes d'air pur, & forme 3021,1 pouces cubes de gas acide carbonique. Cette once de charbon consomme donc 3 onces 4 gros 2,7500 grains d'air pur (656); & forme 3 onces 5 gros 11,6645 grains de gas acide carbonique (759): d'où il suit qu'une once de charbon fournit 1 gros 8,9145 grains de carbone, ou un peu moins de $\frac{1}{7}$ de son poids. Mais comme la combinaison de la base de l'air pur ou de l'oxigène avec le carbone forme ici un nouveau fluide élastique, en se combinant avec une partie du calorique, il y a peu de chaleur produite: au lieu que la chaleur qui se dégage de l'air pur, lorsque sa base se combine avec le phosphore qui brûle, est à peu près 2 $\frac{1}{3}$ aussi grande que lorsque cet air pur se change en gas acide carbonique; car dans le premier cas, cette chaleur peut faire fondre 68 onces & environ 5 gros de glace; & dans le second cas, elle n'en peut faire fondre que 29 onces 4 gros.

1131. Les corps combustibles sont donc ceux qui ont plus d'affinité avec l'oxigène, que n'en a ce dernier avec la matiere de la chaleur ou le calorique; & plus cette affinité, cette disposition à se combiner avec l'oxigène est grande, plus les corps sont combustibles. Ce n'est donc

point, comme on l'avoit cru, le calorique qui leur eſt combiné, qui les rend tels : il eſt même probable que les corps les plus combuſtibles en contiennent très-peu, ou même point du tout, tels que le ſoufre & le phoſphore.

1132. Une réflexion frappante, dit M. *Lavoiſier* (*Mém. de l'Acad. des Sciences*, *an.* 1777, *pag.* 598), & qui vient à l'appui des précédentes, c'eſt que preſque tous les corps peuvent exiſter dans trois états différens, ou ſous forme ſolide, ou ſous forme liquide, c'eſt-à-dire, fondus, ou ſous forme de fluide élaſtique : ces trois états ne dépendent que de la quantité plus ou moins grande de calorique dont ces corps ſont pénétrés, & avec lequel ils ſont combinés. La fluidité & l'élaſticité ſont donc les propriétés caractériſtiques de la préſence du calorique & d'une grande abondance de calorique : la ſolidité, la compacité au contraire ſont les preuves de ſon abſence. Autant donc il eſt prouvé que les ſubſtances aériformes, & l'air lui-même, contiennent une grande quantité de calorique combiné, autant il eſt probable que les corps ſolides en contiennent peu.

Des effets du Feu ſur les corps.

1133. Les principaux effets du feu ſur les corps conſiſtent, 1°. à les raréfier ; 2°. à les faire

paſſer

paſſer de l'état de ſolide à celui de fluide; 3°. à les convertir en vapeurs.

1134. *Premier effet.* Le premier changement qui arrive à un corps, expoſé à l'action de la matiere de la chaleur, eſt la raréfaction de ſa maſſe, l'augmentation de ſon volume : & cet effet eſt ſi général, qu'il peut être regardé comme le caractere diſtinctif du feu ou de la chaleur. Il y a bien certaines ſubſtances qui en pénetrent d'autres, & qui en même temps les raréfient; mais il n'y a que la matiere de la chaleur qui s'inſinue, ſans exception, dans tous les corps, & qui, ſi ſon action eſt continuée, finiſſe par déſunir leurs parties.

1135. EXPÉRIENCE. Prenez une boule de verre A (*fig.* 149.) placée à l'extrémité d'un tube A *a*: rempliſſez-la d'eau, ainſi qu'une partie de la longueur du tube, par exemple, juſqu'en *a*, point que vous marquerez avec un fil. Plongez cette boule (qui doit être mince) dans de l'eau preſque bouillante : dans le moment de l'immerſion de la boule, vous verrez l'eau du tube s'abaiſſer de pluſieurs lignes au deſſous du point *a* : & ſi, le moment d'après, vous la retirez de l'eau chaude, la même eau s'élevera au deſſus du point *a*. La matiere de la chaleur tend à ſe répandre uniformément par-tout (1102) : elle paſſe donc de l'eau chaude dans la boule de verre *Fig.* 149.

& l'eau qu'elle contient, ce qui raréfie l'une & l'autre. Il eſt bien évident que l'eau de la boule n'eſt pas condenſée, qu'au contraire elle eſt raréfiée, puiſqu'elle s'éleve au deſſus du point *a*. L'abaiſſement de l'eau au deſſous de ce point, dans le premier moment de l'immerſion, ne peut donc pas être attribuée à la condenſation de l'eau : il eſt dû à l'agrandiſſement de la capacité de la boule ; donc le verre eſt auſſi raréfié. L'eau commence à deſcendre, avant de remonter ; parce que la boule étant en contact immédiat avec l'eau chaude, eſt la premiere pénétrée par la matiere de la chaleur : l'agrandiſſement de ſa capacité précede donc la raréfaction de l'eau qu'elle contient : voilà pourquoi cette eau commence par s'abaiſſer au deſſous du point *a*.

1136. J'ai dit (1135) que la boule de verre de cette expérience doit être mince : ſi elle étoit d'une certaine épaiſſeur, ſa ſurface extérieure, qui touche immédiatement l'eau chaude, ſeroit agrandie avant l'intérieure, & la boule ſe caſſeroit. C'eſt ce qui arrive à tous les vaſes de verre épais que l'on chauffe trop bruſquement, ainſi qu'à ceux que l'on ne chauffe que d'un ſeul côté, à moins que cela ne ſe faſſe que lentement ; auquel cas la matiere de la chaleur a le temps de paſſer d'un côté à l'autre, & de ſe

diſtribuer, dans toute l'étendue du vaſe, d'une maniere aſſez uniforme. Les vaſes fragiles ſe caſſeroient de même, ſi, étant très-chauds, on ne les refroidiſſoit qu'en un ſeul endroit; car toutes les parties ne pouvant pas alors ſe prêter au même effet, il y auroit néceſſairement rupture.

1137. EXPÉRIENCE. Les métaux, dont pluſieurs ont beaucoup de dureté & de ténacité, ſe raréfient tous & augmentent de volume, lorſqu'on les chauffe. Si l'on veut appercevoir cet effet, quelque petit qu'il ſoit, il faut faire les expériences ſuivantes, pour leſquelles on fera uſage du *pyrometre* (*fig.* 150.), inſtrument deſtiné à meſurer la raréfaction des corps par l'action de la chaleur. Il eſt compoſé, 1°. d'une lampe à l'eſprit-de-vin D*d*, garnie de quatre petites meches de coton, ſemblables entre elles pour la groſſeur & pour la longueur; 2°. de pluſieurs leviers renfermés dans une boîte cylindrique de verre EF, & qui ſe correſpondent de maniere que, recevant le mouvement de la piece G, ils le tranſmettent, par le moyen d'une portion de roue dentée ou rateau, & par un pignon, à une aiguille H*h* qui parcourt horizontalement un cercle diviſé en 200 parties égales. Les bras de ces leviers & le rayon du rateau avec le pignon qu'il mene, ſont tellement proportionnés, *Fig.* 150.

que la piece G, avançant d'un quart de ligne, fait faire à l'aiguille H *h* un tour entier : & comme la circonférence du cercle qu'elle parcourt est divisée en 200 degrés, dont chacun est assez grand pour être divisé en deux par le coup-d'œil d'un Observateur un peu attentif, il est évident que la piece G ne peut pas s'avancer de la seize-centieme partie d'une ligne, qu'on ne s'en apperçoive par le mouvement de l'aiguille. Il faut avoir soin de se procurer des cylindres de différens métaux, tous égaux en longueur, & dont on rend les grosseurs égales en les faisant passer par la même filiere. Chacun de ces cylindres doit être terminé d'un côté par une vis qui s'ajuste à la piece G, tandis que l'autre bout est soutenu par le pilier I, dans lequel il est fixé par la vis de pression K. Si l'on y place successivement les différens cylindres, & qu'on allume la lampe, tous s'alongent plus ou moins dès les premiers degrés de chaleur ; ce que prouve la marche de l'aiguille H *h* : donc tous sont raréfiés par cette cause.

1138. Si l'on veut comparer les différens degrés de raréfaction des différens métaux, on les chauffera tous successivement pendant des temps égaux, & avec les mêmes meches ; & le nombre de degrés que l'aiguille parcourra pour chacun, déterminera le rapport de sa raréfaction

avec celle des autres : on verra, par exemple (comme l'a éprouvé M. *Berthoud*, fameux Horloger), que celle du cuivre jaune eſt à celle de l'acier, comme 121 eſt à 74. On ſe ſert avantageuſement de cette différence pour corriger l'effet de la chaleur ſur les verges de pendules : on combine alors des verges de ces deux métaux, comme l'ont fait M. *Julien le Roi* à Paris, & M. *Ellicot* à Londres ; & l'on fait en ſorte que leurs longueurs ſoient en raiſon inverſe de leurs alongemens (269). (*Voyez mon Dictionnaire raiſonné de Phyſique*, au mot PENDULE.)

1139. Puiſque les différens métaux s'alongent de quantités différentes, par le même degré de chaleur (1138), il s'enſuit que, pour que les inſtrumens de Mathématique, d'Aſtronomie, &c. gardaſſent des rapports conſtans, il ne faudroit pas, comme on le fait ſouvent, les conſtruire de métaux différens.

1140. Par la même raiſon, l'on voit pourquoi les accords ſe dérangent dans un claveſſin, lorſque le lieu où il eſt placé, change de température ; cela vient de ce que ſes cordes ſont les unes de fer, les autres de laiton, deux métaux qui s'alongent de quantités différentes par le même degré de chaleur.

1141. Les liqueurs ſe raréfient de même que les ſolides, en s'échauffant : celles que nous em-

ployons dans nos thermometres, nous en fournissent la preuve ; car la chaleur ne fait monter le thermometre, que parce qu'elle fait augmenter le volume de la liqueur qui le compose. La cause de cet effet est toujours l'action de la matiere de la chaleur, qui pénetre la masse, en désunit & en écarte les parties.

1142. La raréfaction des fluides est plus ou moins grande, plus ou moins prompte, suivant leurs différentes natures. Pour ce qui regarde l'étendue de cette raréfaction, il paroît que ce sont les fluides qui ont le moins de densité qui se raréfient le plus par le même degré de chaleur. Le gas hydrogène se raréfie plus que l'air; l'air, plus que l'esprit-de-vin; l'esprit-de-vin, plus que l'huile de lin; l'huile de lin, plus que l'eau ; l'eau, plus que le mercure. Mais si l'on a égard au temps nécessaire à chaque fluide pour acquérir toute la raréfaction dont il est susceptible, cela ne suit aucune loi connue. Le mercure, quoique beaucoup plus dense que l'eau, y emploie beaucoup moins de temps : l'eau, plus dense que l'esprit-de-vin, y emploie plus de temps : l'eau, plus dense que l'huile de lin, y emploie moins de temps : l'huile de lin, plus dense que l'esprit-de-vin, y emploie plus de temps. Cela dépend sans doute de différentes causes particulieres, qu'il seroit difficile de bien démêler. De plus,

les quantités dont différens fluides se raréfient, ne gardent point entre elles les mêmes rapports dans différens degrés de chaleur : par exemple, le rapport de la raréfaction de l'esprit-de-vin, comparée à celle du mercure, est moindre dans les degrés inférieurs que dans les supérieurs : en partant du terme de la congélation, 5, 0 degrés de raréfaction du mercure ne répondent qu'à 3, 9 degrés de raréfaction de l'esprit-de-vin ; & près de la température de l'eau bouillante, 5, 0 degrés du mercure répondent à 6, 2 degrés de l'esprit-de-vin. C'est avec des fluides ou liqueurs que l'on construit les thermometres ; & ce sont la raréfaction & la condensation de ces substances qui indiquent les différens degrés de chaleur. On peut voir la description de la plupart de ceux que l'on a imaginés, dans mon *Dictionnaire de Physique*, *Tome II*, *pag.* 636 & *suiv.*

1143. *Second effet.* Lorsque la raréfaction (premier effet) a été poussée jusqu'à son dernier période, les parties du corps conservant cependant encore de l'adhérence entre elles ; si la chaleur continue d'agir, le corps passe à l'état de liquéfaction ou de fluidité, plus ou moins complette, suivant la nature du corps que l'on chauffe, & suivant le degré d'activité du feu que l'on fait agir. C'est ce qui arrive à du beurre, de la cire, des métaux, &c. que l'on chauffe

aſſez fortement ; ils paſſent de l'état de ſolide à celui de liquide : ou à des pierres que l'on calcine ; elles ſe réduiſent en une pouſſiere impalpable ; & de ſolides qu'elles étoient, elles deviennent fluides.

1144. Cet effet eſt plus ou moins prompt, ſuivant la nature du corps que l'on chauffe. Tous les corps ne fondent pas auſſi promptement les uns que les autres, ni au même degré de chaleur : il en faut un plus grand pour faire fondre la cire que pour faire fondre le beurre : il en faut encore de plus grands pour faire fondre les métaux, & les uns en exigent plus que les autres : l'étain & le plomb fondent long-temps avant de rougir ; l'argent & l'or fondent à peu près dans le moment où ils rougiſſent ; le cuivre & le fer rougiſſent long-temps avant de fondre.

1145. L'action de la chaleur produit un effet d'autant plus grand, qu'elle éprouve une plus grande réſiſtance, qu'elle eſt plus retardée. Si le corps que l'on chauffe eſt de nature à céder à la premiere action de la chaleur, les parties de la ſurface perdent leur adhérence, ſe liquéfient, avant même que les intérieures aient eu le temps de s'échauffer : ainſi de couche en couche la maſſe ſe fond comme de la cire ou du beurre ; ou bien ces parties ſe diſſipent en fumée & en flamme, comme une bûche qui brûle à

ſa ſurface, tandis que ſon centre eſt encore preſque froid. Mais ſi les parties de la ſurface ont aſſez de fixité, ſi elles réſiſtent aſſez long-temps pour donner aux parties internes le temps de s'échauffer, la rupture de leur adhérence doit avoir lieu preſque en même temps par-tout, & la fuſion devient générale en peu de temps. C'eſt ce qui arrive aux métaux qui fondent. Auſſi les bois ne brûlent que ſucceſſivement ; la cire & les graiſſes ne fondent que peu à peu : mais les métaux, d'abord plus difficiles à fondre, coulent auſſi plus promptement & plus complétement, lorſqu'ils ont atteint le degré de chaleur néceſſaire. Pour s'en convaincre, il faut faire l'expérience ſuivante.

EXPÉRIENCE. Ayant deux vaſes en tout ſemblables & placés ſur le même feu, que l'on mette dans l'un une livre de cire, & dans l'autre une livre d'étain, & qu'on ne les remue en aucune façon. La cire fondra ſucceſſivement & peu à peu : l'étain ſera long-temps ſans changer d'état apparent ; mais lorſqu'il commencera à couler, fort peu de temps après il ſera en fuſion parfaite ; & alors il reſtera encore un morceau de la cire dans l'état ſolide. De ſorte que, quoique l'étain ne commence à fondre que long-temps après la cire, il eſt cependant entiérement fondu avant que la cire le ſoit. En un

mot, les huiles grasses s'enflamment plus difficilement que l'esprit-de-vin; mais leur embrasement produit un degré de chaleur beaucoup plus considérable. La même charge de poudre qui s'enflamme en plein air, ne produit qu'un effort très-inférieur à celui qu'elle est capable de produire dans un canon.

1146. On rend les métaux fusibles plus aisément ou à un moindre degré de chaleur, en les alliant avec quelque autre substance. Les soudures fortes sont des alliages de cette nature, qui fondent à un degré de chaleur moindre que celui qui seroit nécessaire pour faire fondre les pieces qu'on veut réunir. Le cuivre jaune, qui est un alliage de cuivre rouge & de zinc, sert de soudure pour le cuivre rouge : l'argent allié avec le cuivre rouge, sert de soudure pour l'argent, & ainsi des autres. La fonte de fer & l'acier, qui sont du fer allié avec une substance charbonneuse (870), fondent à un degré de chaleur moindre que ne le fait le fer doux.

1147. *Troisieme effet.* Une matiere liquéfiée par l'action de la chaleur (second effet), continue de s'échauffer jusqu'au moment où elle bout, si elle est de nature à bouillir; après quoi elle ne s'échauffe plus, quelque long-temps qu'on la fasse bouillir : mais sa masse finit par se convertir en vapeurs, d'autant plus aisément, qu'elle

eſt moins chargée du poids de l'air ; de l'eau, dans le vide, ſe vaporiſe à un très-petit degré de chaleur.

1148. L'ébullition des liqueurs conſiſte dans le ſoulévement d'une portion de la liqueur, occaſionné par de groſſes bulles d'un fluide très-tranſparent, qui ſe ſuccedent rapidement, en traverſant la liqueur depuis l'endroit expoſé au feu juſqu'à ſa ſurface ; car ces bulles ne partent jamais que de cet endroit-là. Qu'eſt-ce que c'eſt que ce fluide ? Eſt-ce la matiere de la chaleur? Il eſt bien certain que les liqueurs ne bouillent point ſans chaleur : mais il eſt certain auſſi que la matiere de la chaleur ſeule ne ſuffit pas pour les faire bouillir, puiſque pluſieurs ſubſtances ne bouillent jamais, quelque fortement qu'on les chauffe. Il faut donc que ces bulles ſoient compoſées d'un autre fluide. Cet autre fluide eſt certainement une portion de la liqueur réduite en vapeurs, par la grande chaleur qu'elle éprouve : de même qu'une goutte d'eau, jetée ſur un fer chaud, s'évapore promptement, en formant pluſieurs bouillons, qui, s'ils étoient couverts d'eau chaude, au lieu de crever, s'enfonceroient dans la liqueur, & la ſouleveroient. La preuve que ce fluide eſt une portion de la liqueur elle-même réduite en vapeurs, c'eſt que les métaux fondus ne bouillent jamais, parce

qu'ils ne s'évaporent qu'à leur ſurface, & que ces vapeurs, qui tendent toujours à s'élever, ne peuvent pas traverſer la maſſe. Qu'on ne diſe pas que c'eſt leur peſanteur qui s'oppoſe à leur ſoulévement; car le mercure, qui eſt plus peſant que tous les métaux, excepté l'or & le platine, bout comme de l'eau, parce qu'il ſe réduit en vapeurs en deſſous & à l'endroit expoſé au feu. Mais ces mêmes métaux, qui ſeuls ne peuvent bouillir, boüillent très-fortement, ſi l'on y enfonce quelque ſubſtance capable de fournir des vapeurs, comme, par exemple, un morceau de bois. L'ébullition n'eſt donc pas ſeulement l'effet de la chaleur, mais encore celui d'une vapeur qui traverſe & ſouleve la liqueur. Ainſi l'action de la matiere de la chaleur réduit en vapeur une portion de la liqueur; & cette vapeur, en ſoulevant la liqueur, cauſe l'ébullition.

1149. Nous venons de dire (1147) que les liqueurs ne s'échauffent plus, lorſqu'elles ſont parvenues au terme de l'ébullition. En voici la raiſon : c'eſt qu'alors la maſſe eſt aſſez raréfiée pour permettre à la matiere de la chaleur d'en ſortir auſſi librement qu'elle y entre : de ſorte que ſa quantité ne peut plus augmenter.

1150. Puiſque l'ébullition eſt cauſée par une portion de la liqueur réduite en vapeurs (1148), qui, en traverſant la maſſe, ſe diſſipent &

paſſent dans l'air ; ſi l'on continue de faire bouillir cette liqueur, toutes ſes parties s'évaporeront ſucceſſivement & juſqu'à ſiccité. C'eſt-là ce qui forme ces fluides élaſtiques non permanens, dont nous avons parlé ci-devant (589).

1151. Mais ſi la diſſipation d'une ſubſtance eſt ſubite, ſi toutes ſes parties s'évaporent à la fois, elle fait une exploſion violente ; parce qu'en paſſant à l'état de fluide élaſtique, elle acquiert un volume prodigieux, en comparaiſon de celui qu'elle avoit auparavant (1066). C'eſt ce qui arrive dans l'inflammation de la poudre à canon, ainſi que dans la fulmination de la poudre fulminante, de l'or & de l'argent fulminans. Si l'on fait ces expériences de fulmination, il faut ſe tenir à l'écart, & prendre toutes les précautions néceſſaires pour n'être pas bleſſé ; ſur-tout ſi l'on fait uſage de l'argent fulminant, découvert tout récemment par M. *Bertholet*, de l'Académie Royale des Sciences, & auquel toutes les autres ſubſtances fulminantes ne peuvent pas être comparées. Il faut le contact d'un corps embraſé pour faire fulminer la poudre à canon : il faut faire prendre à l'or fulminant un degré de chaleur ſenſible pour qu'il fulmine : tandis que le contact d'un corps quelconque, même froid, & quelque petit qu'il ſoit, ſuffit pour faire détonner l'argent fulminant. Enfin ce produit, une fois obtenu,

ne peut plus être touché sans fulminer; c'est un être vraiment *intactile.*

1152. Par ce que nous venons de dire (1133 & *suiv.*), il est aisé de voir que les effets du feu sur les corps, que nous avons mis au nombre de trois, peuvent se réduire à un seul, savoir à les raréfier; car la liquéfaction ou la fluidité n'est qu'une raréfaction plus grande que celle qui résulte d'un degré de chaleur insuffisant pour rompre l'adhérence des parties; & la vaporisation n'est qu'une raréfaction poussée jusqu'à son degré extrême.

Des moyens d'augmenter ou de diminuer l'action du feu.

1153. Il y a quatre moyens par lesquels on peut augmenter l'action ou les effets d'un même feu, d'un feu entretenu avec la même matiere. Ces moyens sont, 1°. d'augmenter la quantité de matiere qui lui sert d'aliment; 2°. de concentrer cette action ou d'empêcher qu'elle ne s'étende & ne se dissipe dans un trop grand espace; 3°. de diriger cette action vers un même endroit; 4°. de souffler ce feu avec de l'air pur.

1154. *Premier moyen.* Ce premier moyen est si usité, qu'il n'a pas besoin de preuve. Tout le monde sait qu'en ajoutant du bois ou du charbon à un feu déjà allumé, son action augmente. Il

faut cependant que la quantité de matiere ajoutée trouve un feu proportionné à son degré d'inflammabilité & à son volume. Du bois vert, ou en grosse bûche, ajouté à un petit feu, n'y fera que noircir : mais si ce bois est bien sec & divisé en petites parties ou en copeaux, il s'y embrasera. Un corps ne peut s'embraser qu'en se combinant avec l'oxigène (1111); & cette combinaison ne peut avoir lieu qu'au moyen d'un certain degré de chaleur : si le feu est petit, & que le corps soit d'un gros volume ou trop abreuvé d'eau, le feu est éteint avant que le corps ait eu le temps de s'échauffer assez. Par la même raison, une bougie allumée, que l'on renverse, s'éteint, par la cire fondue qui coule sur la meche, & qui n'avoit pas encore acquis le degré de chaleur nécessaire à son embrasement.

1155. *Second moyen.* Ce moyen est de concentrer l'action du feu, ou de l'empêcher de s'étendre & de se dissiper dans un trop grand espace. C'est ce que font les Chimistes par le moyen de leurs fourneaux. Le feu ainsi renfermé, devient comme le centre d'une sphere d'activité, dont les rayons vont frapper les parois du fourneau : mais ces rayons sont réfléchis vers le milieu; & leur action, s'y trouvant comme concentrée, en agit avec d'autant plus de force.

1156. Les étuves peuvent être regardées comme

des eſpeces de fourneaux, dans leſquels la chaleur s'applique à un grand nombre de corps à la fois. C'eſt dans des étuves de cette eſpece que les Ouvriers font ſécher leurs vernis gras.

1157. Un paravent déployé devant une cheminée, fait auſſi, en quelque façon, l'office de fourneau; car non ſeulement il garantit de l'air froid qui peut venir des portes & des fenêtres, mais il réfléchit encore les rayons de chaleur, & les empêche de trop s'étendre & de ſe diſſiper.

1158. *Troiſieme moyen.* Ce troiſieme moyen conſiſte à diriger vers un même endroit l'action du feu ou les parties déjà embraſées qui s'exhalent. C'eſt ce que font les Orfévres, les Bijoutiers, les Metteurs en œuvre, les Emailleurs, &c. avec leur lampe & leur chalumeau, ou leur ſoufflet. Cette flamme, ainſi dirigée, devient active au point de fondre le verre, l'émail & les métaux; car le ſouffle introduit dans la flamme le fluide propre à la combuſtion. Par ce moyen on obtient deux avantages; l'un d'exciter un grand degré de chaleur; & l'autre de ne chauffer que l'endroit que l'on veut qui le ſoit.

1159. *Quatrieme moyen.* Ce moyen eſt de ſouffler le feu avec de l'air pur. On ne connoît point de feu auſſi actif que celui-là. M. *Lavoiſier*, qui a fait là-deſſus de belles ſuites d'expériences (voyez *Mém. de l'Acad. an.* 1782, *p.* 476

&

& suiv. an. 1783, *pag.* 566 *& suiv.*), n'a presque point trouvé de substances qui ne cédassent à l'action de ce feu violent. Le platine, par l'action du verre ardent (qui produit plus de chaleur qu'aucun fourneau des Chimistes), ne fait tout au plus que se ramollir un peu; mais chauffé par un feu soufflé avec de l'air pur, il fond complétement. Les rubis orientaux, qui ne souffrent aucune altération à la chaleur du verre ardent, exposés à l'action du feu soufflé avec de l'air pur, se ramollissent au point de se souder plusieurs ensemble : cependant ils conservent leur couleur, quoique moins parfaite; & ils ne perdent rien ou presque rien de leur poids.

1160. Nous venons de voir (1153 *& suiv.*) quels sont les moyens d'augmenter l'action du feu. Si l'on veut la diminuer, il suffit de supprimer les moyens par lesquels on l'augmente. Cette suppression est la cause la plus ordinaire du ralentissement ou même de l'extinction du feu. Celui d'un poêle ou d'une cheminée donne moins de chaleur, s'il manque de bois : souvent même, quoique le bois n'y manque pas, il languit, si l'on néglige de le souffler.

1161. Mais cette extinction du feu ne se fait que lentement : il y a des circonstances où il est intéressant d'aller plus vîte. On sait que rien ne brûle sans le contact de l'air (664) : il suffit

donc, pour produire la privation d'air néceſſaire, d'appliquer à la ſurface du corps embraſé une matiere qui ne ſoit pas combuſtible, comme, par exemple, de l'eau. C'eſt le moyen que l'on emploie ordinairement, pour faire ceſſer les incendies. Mais il faut, pour cela, que l'eau puiſſe demeurer en liqueur plus long-temps que ne peut durer l'embraſement; c'eſt pourquoi il en faut jeter beaucoup : car, ſi l'on ne jette qu'une petite quantité d'eau ſur un grand feu, cette eau, éprouvant un degré de chaleur plus violent que celui qu'elle peut ſoutenir en plein air, ſe décompoſe : ſon oxigène (817) ſe combine avec le corps qui brûle; & ſon hydrogène, ſe combinant avec le calorique, forme un gas inflammable qui s'embraſe ſur le champ, & ajoute beaucoup à l'activité de la flamme.

Du Refroidiſſement.

1162. Nous avons fait voir (1154) que l'*inflammation* augmente lorſque le corps embraſé ſe trouve uni à une quantité proportionnée de matiere capable de s'embraſer auſſi; parce qu'alors il ſe dégage de plus en plus du calorique combiné, & qui devient libre (1128 & 1129). La *chaleur* au contraire ne ſe communique point ſans s'affoiblir (1127); parce que, dans ce cas-là, il n'y a point de nouveau calorique dégagé;

& celui qui étoit déjà libre, ne fait que s'étendre dans un plus grand eſpace; & par-là devient plus rare dans le corps qui communique la chaleur. Cette diminution de calorique dans ce corps ſe nomme *refroidiſſement.*

1163. De même que les corps s'échauffent plus promptement les uns que les autres (1142), de même ils ne ſe refroidiſſent pas également dans un temps donné; & l'on ne connoît pas bien la loi ſuivant laquelle cela s'exécute. On peut cependant dire, en général, que *la chaleur ſe communique en raiſon des maſſes.* C'eſt pourquoi on reſſent plus de froid aux mains, quand on touche du marbre ou du métal pendant l'hiver, que quand on touche du bois ou des étoffes, qui ſont moins denſes, quoique la température de tous ces corps ſoit la même; car le refroidiſſement de la main eſt la perte qu'elle fait d'une partie de ſon calorique, en la communiquant au corps qu'elle touche: & cette communication eſt proportionnelle, ou à peu près, à la denſité du corps touché.

1164. Mais lorſque les matieres qui ſe touchent ou ſe mêlent, ſont de même nature; *l'excès de chaleur de la plus chaude ſe communique à la moins chaude en raiſon des volumes.* Si l'on mêle enſemble deux pintes d'eau, dont la température de l'une ſoit de 20 degrés, & celle

de l'autre de 50; la température du mélange sera de 35 degrés, savoir 20 degrés de chaleur commune, plus 15 degrés, moitié de 30, excès de 50 sur 20. Si avec une pinte d'eau échauffée à 40 degrés, on en mêle deux pintes à 10 degrés, la chaleur du mélange sera de 20 degrés; car les 30 degrés, excès de 40 sur 10, seront partagés entre les trois pintes, qui ont chacune 10 degrés de chaleur commune. On trouvera encore quelle doit être la température du mélange, en additionnant ensemble tous les dégrés de chaleur, & en divisant le produit par le nombre des volumes : le quotient de la division indiquera la température que l'on cherche. $40 + 10 + 10 = 60$, qui, divisés par 3, donnent 20. De même, dans le premier exemple, $20 + 50 = 70$, qui, divisés par 2, donnent 35.

1165. Les corps chauds communiquent une portion de leur calorique à ceux qui sont moins chauds, & qu'ils touchent (1162); on voit pourquoi la glace se fond en refroidissant les bouteilles. Mais ce refroidissement est beaucoup plus considérable que ne le donnent les regles établies ci-dessus (1163 & 1164); parce que, dans ce cas-là, il y a une grande quantité de calorique combiné avec la glace, pour la faire passer à l'état de liqueur (1098); & le calorique combiné n'excite aucun degré de chaleur sensible

(588) : par conséquent il n'échauffe point l'eau provenue de la glace, quoique la perte qu'en font les bouteilles, les refroidisse. Il y a donc alors de la chaleur de perdue (1108).

1166. L'air froid qui touche des corps plus chauds que lui, reçoit donc une portion de leur calorique ; &, par-là, diminue d'autant plus leur chaleur, qu'il se renouvelle plus souvent. C'est pourquoi nous ressentons plus de froid, lorsque nous sommes exposés au vent, que lorsque nous en sommes à l'abri.

1167. Le refroidissement n'étant autre chose qu'une diminution de chaleur, on doit voir cesser, dans un corps qui se refroidit, tous les effets du feu dont nous avons parlé (1133). 1°. Ce qui étoit flamme, ne devient plus que fumée épaisse ; l'évaporation se ralentit, ou même cesse entiérement : 2°. les matieres liquéfiées deviennent moins coulantes, & reprennent ensuite leur premiere consistance : 3°. le volume, augmenté par la raréfaction, se restreint dans des limites plus étroites.

1168. Quand tout cela se fait lentement, les parties se rapprochent proportionnellement & dans leur ordre naturel : la masse reprend son premier état, & redevient telle qu'elle étoit avant qu'elle éprouvât l'action du feu ; sur-tout si cette action ne lui a enlevé aucun de ses

principes. C'eſt ce qui arrive à de l'or que l'on a fondu, & qu'on laiſſe enſuite refroidir : il redevient le même qu'il étoit avant ſa fuſion, & conſerve toute ſa denſité.

1169. Mais un refroidiſſement trop prompt a quelquefois des effets très-différens : il diminue ſi promptement la mobilité reſpective des parties, qu'il les fixe avant qu'elles aient pu s'arranger dans l'ordre qui leur convient ; ces parties ne ſe touchent qu'imparfaitement : le corps ne prend qu'une conſiſtance incomplette. C'eſt ce qui arrive à de l'acier que l'on trempe ; auſſi eſt-il alors plus caſſant ; & ſa denſité eſt moindre qu'elle n'étoit avant la trempe (37). La même choſe arrive à des vaſes de verre qui n'ont pas par-tout une épaiſſeur égale, & qu'on a laiſſé refroidir trop ſubitement. Leurs parties n'adherent que foiblement entre elles : & l'on ne doit pas être étonné de voir que ces vaſes ſe caſſent ſouvent d'eux-mêmes, & ſans avoir reçu aucun choc. Pour prévenir cet inconvénient, après les avoir fabriqués, on leur donne le *recuit ;* c'eſt-à-dire, qu'on les met dans un fourneau échauffé juſqu'à un certain point, & qu'on les y laiſſe refroidir très-lentement. On modere de même, par le recuit (37), la propriété trop caſſante de l'acier.

1170. Nous ne connoiſſons point de corps

abſolument froid : un tel corps ſeroit celui qui ne contiendroit point du tout de calorique dans l'état de liberté : or on n'en a jamais trouvé de cette eſpece. On ne connoît point le zéro de chaleur. Le froid n'eſt donc qu'une moindre chaleur ; il n'eſt, par conſéquent, pas une qualité poſitive, mais ſeulement relative. Tel corps eſt froid à l'égard de celui-ci, qui paroît chaud par rapport à celui-là. La glace, dans laquelle on plonge un thermometre, le fait deſcendre, s'il ſort d'un air tempéré : elle le feroit monter, s'il ſortoit d'un mélange de ſel & de glace (1094). Nous trouvons les caves chaudes en hiver, & froides en été, quoique leur température ſoit à peu près la même en toutes les ſaiſons : cela vient de ce que, quand nous deſcendons dans ces ſouterreins, en hiver, nous ſortons d'un air froid ; & en été, nous ſortons d'un air chaud. Il eſt même poſſible que la même perſonne trouve la même ſubſtance chaude & froide dans le même inſtant. Pour vous en convaincre, ayez ſoin de tenir une de vos mains bien froide, & l'autre bien chaude : faites tirer un ſeau d'eau de puits : plongez-y vos deux mains. Avec la main qui ſera froide, vous trouverez cette eau chaude : avec la chaude, vous la trouverez froide.

1171. *Tout corps de deſſus lequel un fluide*

s'évapore, se refroidit; & d'autant plus que l'évaporation de ce fluide est plus prompte.

EXPÉRIENCE. Remplissez d'eau une boule mince de thermometre, ainsi qu'une partie de son tube; plongez cette boule dans l'eau; retirez-la de l'eau, & l'agitez dans l'air: l'évaporation aura lieu; l'eau baissera dans le tube, en se refroidissant: & en recommençant, plusieurs fois de suite, la même opération, vous parviendrez, avec un peu de patience, à faire geler l'eau de la boule: donc *l'évaporation refroidit les corps.* Si, au lieu de plonger cette boule dans l'eau, vous la plongez dans l'esprit-de-vin, ou, mieux encore, dans l'éther, l'évaporation étant plus prompte, le refroidissement sera plus grand; & l'eau sera plus promptement gelée: donc, &c.

1172. La raison de ce refroidissement est qu'une substance ne peut passer à l'état de vapeurs, sans se combiner avec une assez grande quantité de calorique (1062): une portion de ce calorique est, par-là, enlevée au corps de dessus lequel la substance s'évapore; & sa disette occasionne le refroidissement. Voilà pourquoi, jusqu'à ce qu'on se soit bien essuyé, on sent du froid en sortant du bain, quand bien même l'air, dans lequel on passe, seroit plus chaud que le bain. Les Chasseurs & les Militaires

ſavent profiter de ce moyen de refroidiſſement, pour boire frais au milieu des champs ou dans le camp. Pour cela, ils enveloppent leurs bouteilles de linges mouillés ; & les expoſent au ſoleil, pour rendre l'évaporation plus prompte. On fait bien d'en uſer ainſi ; car il eſt très-agréable & même très-ſain de boire frais.



CHAPITRE XIV.

De la nature & des propriétés de la Lumiere.

1173. LA lumiere eſt un fluide qui, lorſqu'il agit ſur nos yeux, nous fait paſſer ſubitement des ténebres à la clarté ; qui nous fait, pour ainſi dire, ſortir hors de nous-mêmes, pour aller au devant des objets ; qui fait que nous pouvons les juger de loin ; qui donne la couleur & l'éclat à toutes les productions de la Nature & de l'Art.

1174. Ce fluide réſide, comme intermede, entre le corps viſible & l'organe qui l'apperçoit : il occupe, par lui-même & par ſon action, l'intervalle qui les ſépare ; car un corps ne peut agir ſur un autre corps qu'en le touchant immédiatement, ou par le moyen d'une matiere interpoſée. Ce qui rend les objets viſibles, eſt donc une matiere. Mais quelle eſt cette matiere ?

1175. La lumiere eſt capable d'embraſer les corps combuſtibles (1120 & 1121) ; le feu nous éclaire : il eſt donc raiſonnable de penſer qu'un ſeul & même fluide produit ces deux effets.

Auſſi avons-nous dit (1099) que le principe du feu & celui de la lumiere ſont une ſeule & même ſubſtance, mais différemment modifiée. C'eſt le ſentiment du Docteur *s'Graveſande* : & il fait conſiſter la différence de la lumiere & de la chaleur, en ce que, pour produire la lumiere, il faut que les particules de ce fluide ſe meuvent en ligne droite ; & pour produire la chaleur, il faut qu'elles aient un mouvement irrégulier. On en a la preuve par les rayons qui viennent immédiatement du ſoleil, & qui, quoique réunis en très-grand nombre dans un très-petit eſpace, par le moyen d'un verre ardent, ne produiſent aucune chaleur ſenſible (1125) : tandis que, ſi on les fait tomber ſur quelque corps qui les réfléchiſſe en toutes ſortes de ſens, il s'excite un degré de chaleur très-vif.

1176. Mais, dira-t-on, ſi cela étoit, il ne devroit point y avoir de lumiere ſans chaleur, ni de chaleur ſans lumiere. Nos ſens ne ſont pas ſuffiſans pour décider cette queſtion ; car la lumiere eſt un fluide qui peut être infiniment rare, & foible au point que nos yeux ne l'apperçoivent pas : & la chaleur eſt ſuſceptible d'une infinité de degrés, que nous ne pouvons pas meſurer ; car il n'y a point de chaleur qui ſoit ſenſible pour nous, ſi elle n'a en même temps plus d'intenſité que celle des organes de nos

fens ; & les corps ne manquent pas de chaleur abfolue, quoiqu'ils nous paroiffent froids, car nous ne connoiffons pas le zéro chaleur. Partout où il y a de la chaleur, il peut donc y avoir de la lumiere, fans que nous l'appercevions : & par-tout où il y a de la lumiere, il peut y avoir de la chaleur fans que nous la fentions.

1177. Après avoir déterminé la nature de la lumiere, examinons maintenant, 1°. dans quel lieu elle réfide, & comment elle fe répand, de fa fource, dans l'efpace qu'elle éclaire ; en un mot, comment fon action fe propage : 2°. quelles font les directions qu'elle affecte de fuivre dans fes différens mouvemens : 3°. quels font les obftacles qui peuvent la faire changer de direction, & quelles font les routes qu'elle prend quand elle en change : 4°. d'où réfultent les couleurs qu'elle nous fait fentir : 5°. quels font fes effets relativement à l'organe de la vue, & relativement aux inftrumens d'Optique.

De la propagation de la Lumiere.

1178. La maniere dont la lumiere fe propage, eft un myftere qui ne nous eft pas encore dévoilé. Suivant *Defcartes* & *Huyghens*, la propagation de la lumiere fe fait par *preffion* : &, fuivant *Newton*, elle fe fait par *émiffion*.

1179. Les premiers fuppofent donc que la

matiere de la lumiere eſt un fluide immenſe, dont les parties très-petites, parfaitement dures & en forme de globules, rempliſſent ſans interruption toute la ſphere de l'Univers. Tous les corps lumineux par eux-mêmes, tels que le ſoleil, les étoiles, & tous les corps qui s'enflamment, animent cette matiere, non en la tranſportant d'un lieu dans un autre, mais ſeulement d'un mouvement de vibration, à peu près ſemblable à celui qui produit le ſon. En conſéquence, ils ont ſoutenu que l'action de la lumiere ſe tranſmet au plus grand éloignement dans un inſtant indiviſible.

1180. Les Newtoniens prétendent que la lumiere eſt une émanation réelle des corps lumineux : que, par conſéquent, le ſoleil, les étoiles, un flambeau allumé, &c. lancent continuellement autour d'eux des rayons de leur propre ſubſtance. Selon eux, ces rayons ſont composés de parties qui ſe ſuccedent & ſe renouvellent perpétuellement dans le même lieu, & avec toute la vîteſſe de la propagation de la lumiere : de ſorte que les parties qui nous éclairent dans ce moment, ne ſont pas celles qui nous éclairoient l'inſtant d'auparavant, ni celles qui nous éclaireront dans l'inſtant ſuivant. Il faut donc que cette matiere coule avec une rapidité dont rien n'approche ; & que ſes parties ſe dilatent

& s'étendent au point d'occuper des eſpaces immenſes, eu égard au petit eſpace qui les contenoit, & au peu de temps qu'elles mettent à ſe répandre : car, ſuivant l'obſervation faite par *Dominique Caſſini* en 1675, du retardement des émerſions des ſatellites de Jupiter, la lumiere n'emploie qu'environ huit minutes à parvenir du ſoleil à nous : elle doit donc parcourir plus de 72400 lieues par ſeconde de temps : vîteſſe inconcevable, & à laquelle l'imagination même ne ſe prête pas. En effet, lorſque la terre approche de Jupiter, les émerſions des ſatellites de cette planete nous paroiſſent commencer plus tôt; au lieu que lorſque la terre s'éloigne de Jupiter, leurs émerſions arrivent de plus en plus tard; s'éloignant beaucoup, dans les deux cas, du temps marqué par les Tables : ce qui provient, ſelon toute apparence, de ce que la lumiere ſolaire, que les ſatellites nous réfléchiſſent, a, dans un cas, plus de chemin à faire que dans l'autre, pour parvenir du ſatellite à nos yeux, & ce plus grand chemin eſt le diametre de l'orbe annuel de la terre.

1181. La propagation de la lumiere n'eſt donc point inſtantanée, comme l'a prétendu *Deſcartes*. A cet égard, ſon ſentiment eſt inſoutenable. Mais, ſi l'on convient, comme on doit le faire, que les globules de lumiere ne ſont

pas parfaitement durs, mais qu'ils ſont flexibles & élaſtiques, ce qui eſt eſſentiel pour qu'ils puiſſent être réfléchis; & de plus, qu'ils n'ont pas une contiguité parfaite, ce qui eſt plus que probable; cela ſuffira pour cauſer ce retardement qu'on obſerve dans la propagation de la lumiere (1180). Il eſt vrai qu'on objecte encore à *Deſcartes* qu'il n'y auroit point d'obſcurité, parce qu'un mouvement de preſſion ſe communique en tous ſens; mais on peut répondre qu'en effet il n'y en a jamais de parfaite: car, dans la nuit la plus obſcure, quelqu'un, qui eſt depuis quelque temps dehors, voit aſſez pour ſe conduire, & apperçoit très-bien les obſtacles qui s'oppoſent à ſon paſſage. Le ſyſtême de *Deſcartes* corrigé pourroit donc bien valoir celui de *Newton*, d'autant plus que ce dernier exige, comme nous venons de le voir (1180), dans le mouvement de la lumiere, une vîteſſe inconcevable. D'ailleurs il n'eſt pas facile d'expliquer, par ce dernier ſyſtême, pourquoi la lumiere ceſſe ſubitement dès que le corps lumineux diſparoît; puiſqu'un moment après que ce corps a diſparu, les corpuſcules qu'il a lancés exiſtent encore autour de nous, & doivent conſerver une bonne partie du mouvement prodigieux qu'ils ont reçu de la part du corps lumineux.

1182. Il faut donc avouer que ces deux opi-

nions, de *Descartes* & de *Newton*, ne sont démontrées ni l'une ni l'autre ; & la plus sage réponse à la question de *la propagation de la lumiere*, seroit peut-être de dire que nous n'en savons rien. Au reste, soit qu'on pense avec *Descartes* que la propagation de la lumiere se fait par pression, soit qu'on croie avec *Newton* qu'elle se fait par émission, il en résulte les mêmes phénomenes : ainsi chacun pourra choisir celui des deux sentimens qui lui plaira le plus. Nous ne devons cependant pas dissimuler une chose qui milite en faveur de l'opinion de *Descartes*. Il est reconnu par tous les Physiciens, que *nous ne pouvons rien voir que par le moyen de la lumiere* : cependant tous les corps qui deviennent phosphoriques (& ils sont en très-grand nombre) ne sont pas réputés *corps lumineux*, & sont pourtant capables de nous éclairer : il existe donc d'autre lumiere que celle qui émane des corps lumineux.

Des directions que suit la Lumiere dans ses différens mouvemens.

1183. Les mouvemens de la lumiere ressemblent à ceux des autres corps : elle suit, tant qu'elle peut, la premiere impulsion reçue : elle s'étend en lignes droites, tant qu'elle ne rencontre pas d'obstacle, ni de nouveau milieu qui

en

en change la direction. Ces lignes droites, suivant lesquelles elle ou son action se propage, sont ce qu'on nomme ses rayons. Ce principe est le fondement de l'*Optique.*

1184. A la rencontre d'un corps opaque, la lumiere se réfléchit, de maniere que son angle de réflexion est égal à celui de son incidence. Ce principe est le fondement de la *Catoptrique.*

1185. Lorsque la lumiere passe d'un milieu dans un autre, d'une résistance différente, ses rayons se réfractent de maniere que le sinus d'incidence est au sinus de réfraction en raison constante. Ce principe est le fondement de la *Dioptrique.*

1186. L'Optique a donc pour objet la lumiere directe : la Catoptrique a pour objet la lumiere réfléchie ; & la Dioptrique a pour objet la lumiere réfractée.

Des principes de l'Optique.

1187. L'Optique, dans le sens le plus strict, est proprement la Science qui a pour objet les effets de la lumiere directe, & par conséquent la science de la vision directe, c'est-à-dire, de la vision des objets par des rayons qui viennent directement & immédiatement de ces objets à nos yeux, sans être ni réfléchis ni réfractés par quelque autre corps réfléchissant ou réfringent.

1188. Chaque point viſible d'un objet pouvant être apperçu de tous côtés, on doit le concevoir comme le centre commun d'une infinité de rayons de lumiere tranſmis ou réfléchis C
Fig. 151. (*fig.* 151.); c'eſt pourquoi on le nomme *point radieux*. Si un œil ſe trouve placé devant ce point
Fig. 152. viſible A (*fig.* 152.), il reçoit un certain nombre de ces rayons, qui, partant tous d'un point commun A, forment une pyramide dont la baſe B eſt appuyée ſur l'œil; & la pointe ou le ſommet A eſt à l'objet viſible. Ces rayons arrivent donc divergens à l'œil; & cette divergence ſe
Fig. 153. meſure par l'angle G C F ou E C D (*fig.* 153.) qu'ils forment entre eux. Cet angle eſt d'autant plus ouvert, que l'objet eſt plus près de l'œil; *& vice verſa.*

1189. Si l'objet eſt d'une grandeur ſenſible, il ſe trouve pluſieurs points viſibles A, B, C, &c.
Fig. 154. (*fig.* 154.) tournés vers l'œil, lequel étant placé dans un endroit quelconque D, E, F, G, H, &c. puiſqu'il y a des rayons lancés en tous ſens, 1188,
Fig. 151. (*fig.* 151.) reçoit de chacun de ces points une pyramide compoſée de rayons divergens, leſquelles pyramides convergent à l'œil; & leur degré de convergence, qui détermine la grandeur apparente de l'objet, ſe meſure par l'angle H I H
Fig. 155. ou H K H (*fig.* 155.) qu'elles forment entre elles. Cet angle eſt auſſi d'autant plus ouvert, que

Fig. 147.

Fig. 148.

Fig. 150.

Fig. 152.

Fig. 153.

Fig. 149.

Fig. 154.

Fig. 151.

Benard Direxit.

l'objet eſt plus près de l'œil : & en conſéquence l'objet paroît d'autant plus grand ; & au contraire il paroît d'autant plus petit, qu'il en eſt plus éloigné.

1190. Nous voyons donc les objets par deux ſortes de rayons : nous voyons chaque point d'un objet par une pyramide de rayons divergens (1188); & nous voyons l'objet entier par la convergence à notre œil de toutes ces pyramides qui partent de chaque point (1189).

1191. C'eſt par le moyen de ces pyramides que nous jugeons de la direction dans laquelle ſe trouve l'objet viſible, ainſi que de ſa diſtance. La direction eſt toujours dans la longueur de l'axe PQ (*fig.* 156.) de la pyramide : & nous rapportons la diſtance à l'endroit R de l'axe où les rayons ſe croiſent. *Fig.* 156.

1192. De ce que nous venons de dire il ſuit, 1°. qu'un plan placé vis-à-vis d'un point radieux ou viſible, devient la baſe d'une pyramide de lumiere (1188).

1193. Et comme les rayons qui forment cette pyramide, ſont divergens, ſa baſe va toujours en s'élargiſſant, à meſure que le plan s'éloigne du point viſible. En conſéquence, ce plan eſt de moins en moins éclairé : car à deux diſtances, le diametre de la baſe de la pyramide eſt double de ce qu'il eſt à une diſtance, & ſon aire eſt

quadruple. Donc, ſur un eſpace donné, les rayons y ſont quatre fois auſſi rares. Donc *la lumiere qui vient directement du point radieux, s'affoiblit en raiſon du quarré de la diſtance.*

1194. De même que la lumiere s'affoiblit ſur ce plan à meſure qu'on l'éloigne, de même auſſi elle diminue ſur l'œil, lorſqu'il s'écarte de plus en plus de l'objet, ce qui fait qu'à un certain degré d'éloignement nous ceſſons de le voir; parce qu'alors les jets de lumiere ſont trop rares, & ils font ſur nos yeux une trop foible impreſſion.

1195. Ce degré d'éloignement, où la vue de l'objet n'a plus lieu, varie ſelon l'état de l'œil, ſelon la nature ou les qualités de l'objet, & ſelon l'intenſité de la lumiere qui le rend viſible: 1°. il y a des yeux plus ſenſibles les uns que les autres; ceux-là voient de plus loin: 2°. les corps lumineux par eux-mêmes s'apperçoivent de beaucoup plus loin que ceux qui ne brillent que d'une lumiere empruntée: 3°. l'intenſité de la lumiere de l'objet, ou la maniere dont il eſt éclairé, fait encore qu'on l'apperçoit à des diſtances différentes.

1196. Quand un corps lumineux par lui-même eſt à une très-grande diſtance, les rayons qui en viennent ſont preſque paralleles: c'eſt pourquoi les objets de cette eſpece ſont apperçus

presque aussi clairement à des millions de lieues plus ou moins loin; comme, par exemple, les étoiles.

1197. Puisque les rayons de lumiere s'étendent, tant qu'ils peuvent, en lignes droites (1183), & que la vision se fait dans cette direction; quand ces lignes sont interrompues par quelque obstacle, la vision n'a pas lieu. *Cet obstacle produit une ombre d'autant plus grande, qu'il est plus près de l'objet visible.*

1198. Si la sphere du corps lumineux est plus grande que celle du corps opaque qui occasionne l'ombre, *cette ombre a la forme d'un cône*, dont la base est appuyée sur le corps opaque, & la pointe ou le sommet est à l'extrémité de l'ombre; car alors les rayons qui terminent l'ombre du corps opaque, sont convergens entre eux, & tendent à se réunir en un point commun. Telle est l'ombre de la terre éclairée par le soleil. Supposons, par exemple, que le globe G (*fig.* 157.) représente le soleil, & le globe K, la terre : il est évident que les rayons extrêmes BI, AN, partis du soleil pour se rendre à la terre, iront, en passant à côté de la surface du globe terrestre, se réunir au point H, ce qui formera une ombre de figure conique. Donc, &c. *Fig.* 157.

1199. Quand la sphere du corps lumineux est plus petite que celle du corps opaque, l'*ombre*

a la figure d'un cône tronqué ; car alors l'ombre est terminée par des rayons divergens entre eux, qui, par conséquent, vont toujours en s'écartant les uns des autres. Telle est l'ombre de la terre éclairée par la lune. Si nous supposons que le
Fig. 158. globe L (*fig.* 158.) représente la lune, qui éclaire le globe de la terre, l'ombre de celle-ci sera terminée par les rayons DF, EG, divergens entre eux. Cette ombre sera donc comprise dans l'espace AFGB, lequel espace a la forme d'un cône tronqué. Donc, &c.

1200. Si la sphere du corps lumineux & celle du corps opaque sont de la même grandeur, *l'ombre est cylindrique,* & s'étend, pour ainsi
Fig. 159. dire, à l'infini; car le globe lumineux C (*fig.* 159.) éclairant le globe opaque F, l'ombre du globe opaque est alors terminée par les rayons paralleles AS, BT, qui ne peuvent jamais ni se réunir ensemble, ni s'écarter les uns des autres. Cette ombre sera donc comprise dans l'espace DSTE, lequel espace a la forme d'un cylindre, dont la longueur est, pour ainsi dire, infinie. Donc, &c. C'est pour cette raison que l'ombre des corps terrestres s'étend si loin au lever & au coucher du soleil; car les rayons qui viennent de cet astre, étant presque paralleles à l'horizon, se réunissent beaucoup plus tard. (Voyez le *Thaumaturgus opticus* du P. *Niceron,* & le *Supplément de cet Ouvrage.*)

1201. Tout corps opaque jette donc une ombre dans la même direction que celle des rayons de lumiere, c'est-à-dire, vers la partie opposée à la lumiere. C'est pourquoi, à mesure que le corps lumineux ou le corps opaque change de place, l'ombre en change également. Nous verrons l'application de ce principe, en parlant des éclipses de soleil (2020 *& suiv.*)

1202. Tout corps opaque jette autant d'ombres différentes qu'il y a de corps lumineux qui l'éclairent.

1203. Plus est grande l'intensité de la lumiere du corps lumineux, plus l'ombre est épaisse ou obscure : ainsi l'épaisseur de l'ombre se mesure par les degrés de lumiere dont cet espace est privé. Ce n'est pas que l'ombre, qui est une privation de lumiere, soit plus forte pour un corps que pour un autre; mais c'est que plus les environs de l'ombre sont éclairés, plus on la juge épaisse par comparaison.

1204. On distingue deux sortes d'ombres, l'ombre droite & l'ombre renversée. L'ombre droite est celle que jette un corps sur un plan horizontal, auquel il est perpendiculaire. Soit E B (*fig.* 160.) le plan horizontal; G F le corps *Fig.* 160.
perpendiculaire sur le plan; & D B le rayon du soleil qui touche la pointe G du corps: F B est l'ombre droite de ce corps. *L'ombre droite*

FB *eſt au corps* GF *qui la produit, comme le co-ſinus* DH *de la hauteur de la lumiere eſt au ſinus* DE *de cette même hauteur.* D'où il ſuit que ſi ce ſinus & le co-ſinus ſont égaux, ce qui arrive lorſque le ſoleil eſt élevé de 45 degrés ſur l'horizon, l'ombre droite du corps eſt égale au corps même. Elle eſt plus grande, ſi le ſinus de la hauteur de la lumiere eſt plus petit que le co-ſinus de cette même hauteur, ce qui arrive lorſque le ſoleil eſt élevé de moins de 45 degrés ſur l'horizon; & elle eſt plus petite quand le ſinus eſt glus grand que le co-ſinus, ce qui arrive lorſque le ſoleil eſt élevé de plus de 45 degrés ſur l'horizon. C'eſt par cette raiſon que les ombres, à midi, ſont plus courtes en été qu'en hiver.

1205. L'ombre renverſée eſt celle que jette un corps ſur un plan vertical. Par exemple, ſoit AB (*fig.* 161.) un plan vertical; EC un corps perpendiculaire à ce plan; & SE un rayon du ſoleil qui touche la pointe E de ce corps: CT eſt l'ombre renverſée du corps EC. Telle eſt l'ombre d'un bras tendu projetée ſur le corps d'un homme; celle d'une barre de fer fixée perpendiculairement dans un mur, &c. De même que l'ombre droite eſt, comme on vient de le voir (1204), au corps opaque comme le co-ſinus de la hauteur de la lumiere eſt au ſinus

Fig. 161.

de cette même hauteur ; ainsi l'*ombre renversée est au corps qui la produit, comme le sinus* S C *de la hauteur de la lumiere est à son co-sinus* S F.

1206. Nous avons dit (1189) que si un objet est d'une grandeur sensible, il se trouve plusieurs points visibles tournés vers l'œil qui regarde cet objet : cet œil reçoit donc de chacun de ces points une pyramide composée de rayons divergens. L'œil devient donc comme la base commune d'un grand nombre de pyramides lumineuses, dont les sommets sont aux points radieux du corps visible : & comme la prunelle de l'œil est un trou, toutes ces pyramides de lumiere y passent sans se confondre & en s'y croisant ; après quoi, formant d'autres pyramides opposées aux premieres par leur base, comme nous le prouverons ci-après (1521), elles vont porter leur sommet au fond de l'œil, & y faire chacune séparément leur impression. Si l'on veut se convaincre du croisement de ces pyramides, qui, partant de différens points, passent par le même trou, il faut faire l'expérience suivante.

Expérience. Au volet d'une fenêtre, exposée aux rayons solaires, faites trois trous *a*, *c*, *b* (*fig.* 162.), que vous aurez soin de garnir chacun d'une lentille d'un court foyer. Cela représentera trois points radieux (1188) ; mais que la lentille du trou *a* soit d'un verre rouge ; & *Fig.* 162.

celle du trou *b*, d'un verre bleu ; celle du trou *c* étant d'un verre blanc. Préſentez devant ces trois points radieux un large plan percé d'un trou *g* ; & derriere ce plan un carton blanc, ſur lequel vous recevrez les images des trois faiſceaux de rayons qui paſſent par le trou *g*. Vous obſerverez qu'à une très-petite diſtance derriere le trou *g*, les trois faiſceaux, une fois ſéparés, ſont d'une couleur pure. Ceux qui partent du point *c*, & qui vont aboutir en *e*, reſtent ſans couleur : ceux du point *a*, qui vont en *d*, ſont d'un beau rouge : & ceux du point *b*, qui vont en *f*, ſont d'un bleu pur. Donc, 1°. ces pyramides lumineuſes paſſent par le trou *g* ſans ſe confondre ; donc, 2°. elles y paſſent en s'y croiſant, puiſque celle du bas va ſe peindre en-haut, & celle du haut dans le bas.

1207. Suppoſons que le trou *g* repréſente la prunelle, & que le carton blanc, qui eſt derriere, ſoit le fond de l'œil. Puiſque ce qui eſt en-haut va ſe peindre dans le bas, &c. il s'enſuit que les objets ſe peignent au fond de nos yeux dans une ſituation renverſée, & cependant nous les voyons droits. Cela doit être ainſi, d'après la ſituation de leurs images dans l'œil ; car nous rapportons toujours l'objet dans la direction du rayon qui nous en apporte l'image. Suppoſons *Fig. 163.* l'objet ACB (*fig.* 163.) devant lequel un œil

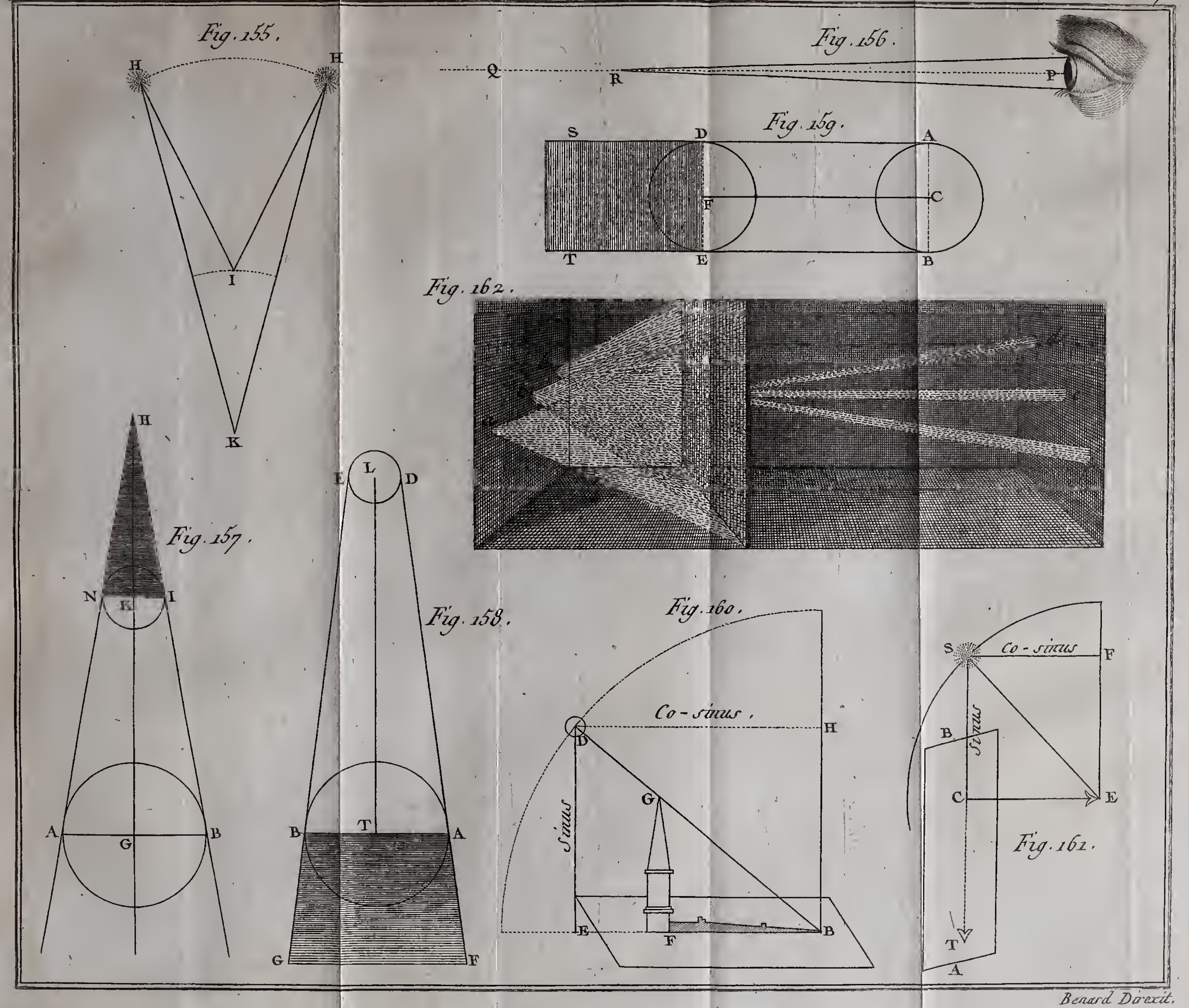
eſt placé. Les rayons qui partent de tous les points de cet objet tournés vers l'œil, vont ſe croiſer dans la prunelle E (1206), & enſuite deſſiner l'image de cet objet ſur le fond DD de l'œil dans une ſituation *b c a* renverſée. D'après cette impreſſion, on rapporte le point A, qui, étant en-haut, eſt peint dans le bas de l'œil; on le rapporte, dis-je, dans la direction *a* E A : par la même raiſon, on rapporte le point B dans la direction *b* E B, &c. par conſéquent nous voyons cet objet dans ſa ſituation naturelle: c'eſt le ſentiment de *Kepler* & de *Deſcartes*. C'eſt pourquoi, comme nous le verrons ci-après (1313), nous jugeons l'objet hors de ſon vrai lieu, quand le rayon a ſouffert quelque inflexion. Il ne faut donc pas croire, comme quelques-uns le prétendent, que nous voyons naturellement les objets renverſés, & que ce n'eſt que par habitude, & après que l'expérience du toucher a rectifié le ſens de notre vue, que nous les voyons droits. Il nous eſt, au contraire, impoſſible de les voir autrement que dans leur ſituation naturelle, quoiqu'ils ſoient peints dans l'œil dans une ſituation renverſée, puiſque nous les appercevons par des rayons qui ſe ſont croiſés dans la prunelle.

1208. On appelle *angles optiques* ou *viſuels*, ceux qui ſont formés par les rayons qui, partant des extrémités d'un objet, viennent converger

à notre œil. Tels ſont les angles A E B, H E I. Nous voyons les objets d'autant plus grands, que les angles optiques, qui embraſſent leurs dimenſions, ſont plus ouverts : & comme ces angles deviennent plus aigus, à meſure que l'objet s'éloigne de l'œil (l'angle H E I eſt plus aigu que l'angle A E B), il s'enſuit que *la grandeur apparente diminue comme la diſtance augmente.* C'eſt pour cette raiſon que, quoique la lune ſoit plus petite que Mars, Jupiter, &c. nous la voyons beaucoup plus groſſe que ces aſtres, parce qu'elle eſt beaucoup plus près de nous. Il faut donc, pour juger de la grandeur réelle d'un corps, avoir égard à ſa diſtance.

1209. L'éloignement reſpectif de deux objets, vus en même temps, ſe juge par le même principe; car on peut regarder ces deux objets comme les extrémités d'un ſeul. C'eſt pourquoi, *Fig.* 164. lorſque nous entrons dans une avenue (*fig.* 164.) formée d'arbres également hauts, & rangés dans deux lignes bien paralleles, elle nous paroît plus étroite & plus baſſe à l'autre extrémité. Il eſt aiſé de voir que l'angle 6 O 6 eſt beaucoup plus aigu que l'angle 1 O 1. Les deux arbres 6, 6, doivent donc nous paroître plus rapprochés l'un de l'autre; &, par conſéquent, l'avenue plus étroite en cet endroit-là.

1210. On ceſſe ordinairement de voir un objet



Benard Direxit.

non-lumineux par lui-même & cependant éclairé, ſi les angles optiques ont moins de 1 minute de degré : mais les corps lumineux ſe voient ſous des angles beaucoup plus petits. Auſſi voyons-nous très-bien les étoiles, quoiqu'elles n'aient pas une ſeconde de degré de diametre apparent (1702).

1211. Malgré la certitude de ces principes, nous avons une infinité d'illuſions d'optique, d'erreur de la vue, dont nous ne pouvons nous défendre. Il eſt rare que nous appercevions, ſous ſa vraie figure, un objet que nous voyons d'un peu loin. Suppoſons une rangée d'arbres VTS (*fig.* 165.) plantés dans la circonférence d'une portion de cercle, dont la convexité eſt tournée vers l'œil O. Comme tous ces arbres nous paroiſſent également éclairés, nous les jugeons tous à égale diſtance de notre œil; nous devons donc les juger dans la circonférence SXV d'un cercle, dont notre œil O occupe le centre : & ſi nous en ſommes un peu éloignés, cela forme une ſi petite portion d'un ſi grand cercle, que cela nous paroît être une ligne ſenſiblement droite VS. C'eſt pour cette raiſon que le ſoleil & la lune nous paroiſſent des plans circulaires, quoique ce ſoient des globes ; car leurs centres ne nous paroiſſent pas plus lumineux que leurs bords : nous les jugeons donc auſſi éloignés de nos yeux. *Fig.* 165.

1212. Nous ne jugeons pas exactement de la

vîteſſe du mouvement d'un corps, 1°. ſi nous ne connoiſſons pas la diſtance qu'il y a entre nous & ce corps; 2°. ſi l'eſpace que ce corps parcourt, ſe préſente obliquement à nos regards. Car, ſuppoſons deux hommes placés, l'un en I
Fig. 166. & l'autre en L (*fig.* 166.). Que le premier ſe rende en 2 minutes au point K, & l'autre en pareil temps au point M; & chacun avec une vîteſſe uniforme : il faut néceſſairement qu'ils aillent avec des vîteſſes inégales, puiſque l'un a plus de chemin à faire que l'autre en pareil temps : cependant ils paroîtront tous deux, à l'œil placé en E, aller avec des vîteſſes égales; lorſque I ſera en *n*, L ſera en N; lorſque I ſera en *o*, L ſera en O, &c. & ils paroîtront toujours tous deux vis à-vis l'un de l'autre, & par conſéquent aller avec des vîteſſes égales, ſi l'on ne ſait pas que l'un eſt plus éloigné que l'autre. Par une autre illuſion d'optique, ſi deux hommes, partant du point I, vont, à pas égaux, l'un en K, l'autre en M, ils paroîtront à l'œil E, aller avec des vîteſſes très-inégales.

1213. Le mouvement devient inſenſible à la vue, lorſqu'il n'excede pas 20 ſecondes de degré par ſeconde de temps. D'où il ſuit qu'une très-grande vîteſſe peut être inſenſible à la vue, par la diſtance exceſſive qui eſt entre le mobile & l'œil. C'eſt pourquoi nous n'appercevons pas,

d'une seconde à l'autre, le mouvement du soleil, qui ne paroît parcourir que 15 secondes de degré par seconde de temps.

1214. Si un mobile décrit une courbe, & que l'axe de la vision se trouve dans le plan de la courbe, nous n'appercevons pas la courbure. Supposons une bougie allumée placée en T (*fig.* 167.) sur la circonférence du cercle TVXR, & que l'axe YRV de la vision soit dans le plan de ce cercle : lorsque la bougie passera de T en V, elle paroîtra à l'œil Y, aller de T en C : en passant de V en X, elle paroîtra aller de C en X; & ainsi du reste de la courbure; parce que dans tous les points de sa route elle paroît également lumineuse : on ne doit donc pas la croire plus éloignée dans un point que dans l'autre. C'est la raison pour laquelle nous ne voyons point circuler les Satellites de Jupiter autour de leur astre principal : nous leur voyons seulement un mouvement alternativement de gauche à droite, & de droite à gauche. *Fig.* 167.

1215. Les astres à l'horizon, tels que le soleil & la lune, nous paroissent toujours plus grands que lorsqu'ils sont plus élevés ; plus grands en A (*fig.* 168.) qu'en B ou en D. Une des raisons de cette illusion est qu'étant moins lumineux en A, à cause des vapeurs qu'il y a presque toujours vers l'horizon, nous les jugeons plus éloignés, *Fig.* 168.

& par conséquent plus grands. Aussi ne nous paroissent-ils pas décrire la courbe circulaire D F G, mais la courbe surbaissée D Z E. La grandeur apparente de ces astres à l'horizon doit être principalement attribuée, comme l'a fait le P. *Mallebranche*, à l'interposition des objets terrestres. Une preuve de cela, c'est que, si l'on cache, avec la main ou autrement, tous les objets qui se trouvent entre la lune & soi, de maniere qu'on ne voie plus que l'astre, son diametre paroît sensiblement diminué. Il y a probablement encore beaucoup d'autres raisons de ces sortes d'illusions d'optique.

Des principes de la Catoptrique.

1216. La Catoptrique est une Science qui a pour objet les effets de la lumiere réfléchie. De même que les autres corps, la lumiere exerce ses mouvemens, autant qu'elle peut, en lignes droites (1183) : ses rayons, toujours soumis aux regles générales, sont sujets aussi à se détourner de leur premiere direction, lorsqu'ils rencontrent un corps qui leur refuse le passage, & les force à rebrousser & à se réfléchir. Tous les corps non-lumineux par eux-mêmes, mais visibles, réfléchissent donc de la lumiere; sans quoi ils cesseroient d'être visibles. Mais c'est principalement à la rencontre des corps opaques que la lumiere se réfléchit :

chit : aussi voit-on mieux ces derniers qu'on ne voit les corps transparens ; & s'ils étoient parfaitement transparens, comme l'air, on ne les verroit point du tout.

1217. Mais quelque opaque que soit un corps, jamais il ne réfléchit toute la lumiere qui tombe sur lui. On peut concevoir cette lumiere partagée en trois parties, dont l'une se réfléchit réguliérement, affectant, après la réflexion, une direction qui a un rapport constant avec celle qu'elle avoit auparavant : une autre se réfléchit irréguliérement en s'éparpillant, & se portant en toutes sortes de directions, à cause de l'inégalité inévitable des surfaces : enfin une troisieme s'éteint dans le contact par une cause jusqu'à présent inconnue. Nous ne traiterons ici que de la premiere portion de lumiere, que de celle qui se réfléchit avec régularité ; car elle est la seule qui soit assujettie à des mouvemens qu'on puisse prévoir. Nous ferons donc abstraction de la lumiere dispersée & éteinte.

1218. L'expérience prouve que la lumiere, lorsqu'elle se réfléchit, fait toujours l'angle de sa réflexion parfaitement égal à celui de son incidence. Supposons une surface, par exemple, un miroir *ab* (*fig.* 169.). Si un rayon de lumiere y tombe dans une direction perpendiculaire *fc*, il se réfléchit dans la même direction, *Fig.* 169.

& fait par conséquent, avec ce miroir, un angle droit en se réfléchissant, de même qu'il a fait, avec ce même miroir, un angle droit en y tombant.

1219. S'il y arrive dans une direction oblique, comme, par exemple, *e c*, il se réfléchit dans la direction *c d*, & fait, avec ce miroir, l'angle de sa réflexion *d c b* parfaitement égal à l'angle de son incidence *e c a*.

1220. Puisque l'angle de la réflexion de la lumiere est toujours égal à son angle d'incidence (1218, 1219), cela prouve que les parties qui causent sa réflexion ont un ressort parfait. Comme on ne peut pas attribuer cette perfection de ressort aux surfaces des corps, on croit que ce ne sont pas les parties propres des surfaces qui réfléchissent la lumiere : & *Newton* a pensé qu'elle est réfléchie par une puissance réfléchissante, qui se trouve en devant de la surface du corps ; car il dit (*page 312 de son Optique*,) que » la réflexion d'un rayon de lumiere » est produite, non par un point particulier du » corps réfléchissant, mais par quelque puissance » du corps, qui est également répandue sur toute » sa surface, & par laquelle le corps agit sur le » rayon sans le toucher immédiatement «. Il n'y a certainement rien de plus ressemblant aux *qualités occultes* que cette *puissance réfléchissante*. Mais

c'est ainsi qu'on raisonne, lorsqu'on n'a pas le courage d'avouer qu'on ignore la cause d'un fait, ce qui seroit cependant plus simple & plus vrai. Ne pourroit-on pas dire que la lumiere est réfléchie par les parties mêmes de la lumiere, encadrées dans les pores des corps? car les corps les plus denses, tels que l'or, ont, suivant *Newton* lui-même (*page* 313 *de son Optique*), dans leur contexture, plus de vides que de parties solides. Leur surface peut donc être regardée comme un réseau, dont les petites mailles sont remplies de la matiere de la lumiere. La facilité avec laquelle la plupart des corps devient phosphorique (1182), semble le prouver.

1221. Cette loi générale, que *la lumiere fait toujours son angle de réflexion égal à celui de son incidence* (1218), est le fondement de toute la Catoptrique; elle seule suffit pour rendre raison de tous les phénomenes : toutes les autres loix n'en sont que des suites & des applications. Cependant, pour rendre ceci plus facile à saisir, nous allons exposer les différentes apparences qui se remarquent dans les différentes circonstances; & que l'on verra bien qui ne sont que des suites & des applications de ce premier principe.

1222. Pour que la lumiere réfléchie nous trace l'image d'un objet, il faut que plusieurs rayons agissent ensemble : un seul feroit au fond de

notre œil une image trop foible ; nous ne l'appercevrions pas. Or ces rayons peuvent être différemment disposés relativement les uns aux autres : ils peuvent être ou paralleles entre eux, ou convergens ou divergens : & les surfaces sur lesquelles ils tombent, peuvent être ou planes, ou convexes, ou concaves. Voici ce qui arrive dans ces différens cas, en partant du principe établi ci-dessus (1221).

1223. 1°. Supposons une surface plane. Des rayons paralleles, qui tombent sur cette surface, sont réfléchis paralleles : des rayons convergens sont réfléchis avec le même degré de convergence ; & des rayons divergens sont réfléchis avec le même degré de divergence. De sorte que les surfaces planes ne changent rien à la disposition naturelle des rayons de lumiere. Soient
Fig. 170. les miroirs plans *a b* (*fig.* 170, 171, 172.).
Fig. 171.
Fig. 172.

1224. Les rayons *db* & *c a* (*fig.* 170.), qui
Fig. 170. sont paralleles entre eux, après avoir touché la surface *a b*, sont réfléchis, l'un vers *h*, & l'autre vers *k*, faisant avec le miroir, l'un l'angle de réflexion *i b h*, égal à son angle d'incidence *f b d*; & l'autre, l'angle de réflexion *gak*, égal à son angle d'incidence *e a c*, puisque ces deux angles ont pour mesure des arcs égaux de cercles égaux ; & l'on voit que ces deux rayons sont paralleles après leur réflexion, comme ils l'étoient avant leur incidence.

1225. Les rayons *d b* & *c a* (*fig.* 171.), qui font convergens entre eux, de maniere que, fans l'interpofition du miroir *a b*, ils iroient fe réunir en E, font réfléchis de maniere que, faifant chacun l'angle de leur réflexion *g b k* ou *i a h*, égal à l'angle de leur incidence *f b d* ou *e a c*, ils vont fe réunir en F, point auffi éloigné des deux points de contacts *a* & *b* que l'eft le point E. Donc leur convergence eft, après leur réflexion, la même qu'elle étoit auparavant. *Fig.* 171.

1226. Les rayons *d b* & *c a* (*fig.* 172.), qui font divergens entre eux, ont, après leur réflexion vers *h* & *k*, le même degré d'écartement en F qu'ils auroient eu en E, fi, n'ayant point rencontré le miroir *a b*, ils avoient continué de fe mouvoir dans leur premiere direction. Or les deux points F & E font également diftans des points de contacts *a* & *b*. Donc leur divergence eft, après leur réflexion, la même qu'elle étoit auparavant. *Fig.* 172.

1227. 2°. Suppofons une furface convexe. Des rayons paralleles qui tombent fur cette furface, font réfléchis divergens : des rayons convergens font réfléchis moins convergens ; ils peuvent même perdre toute leur convergence & devenir paralleles ou même divergens, fuivant le plus ou le moins de courbure de la furface qui les réfléchit ; des rayons divergens font réfléchis plus

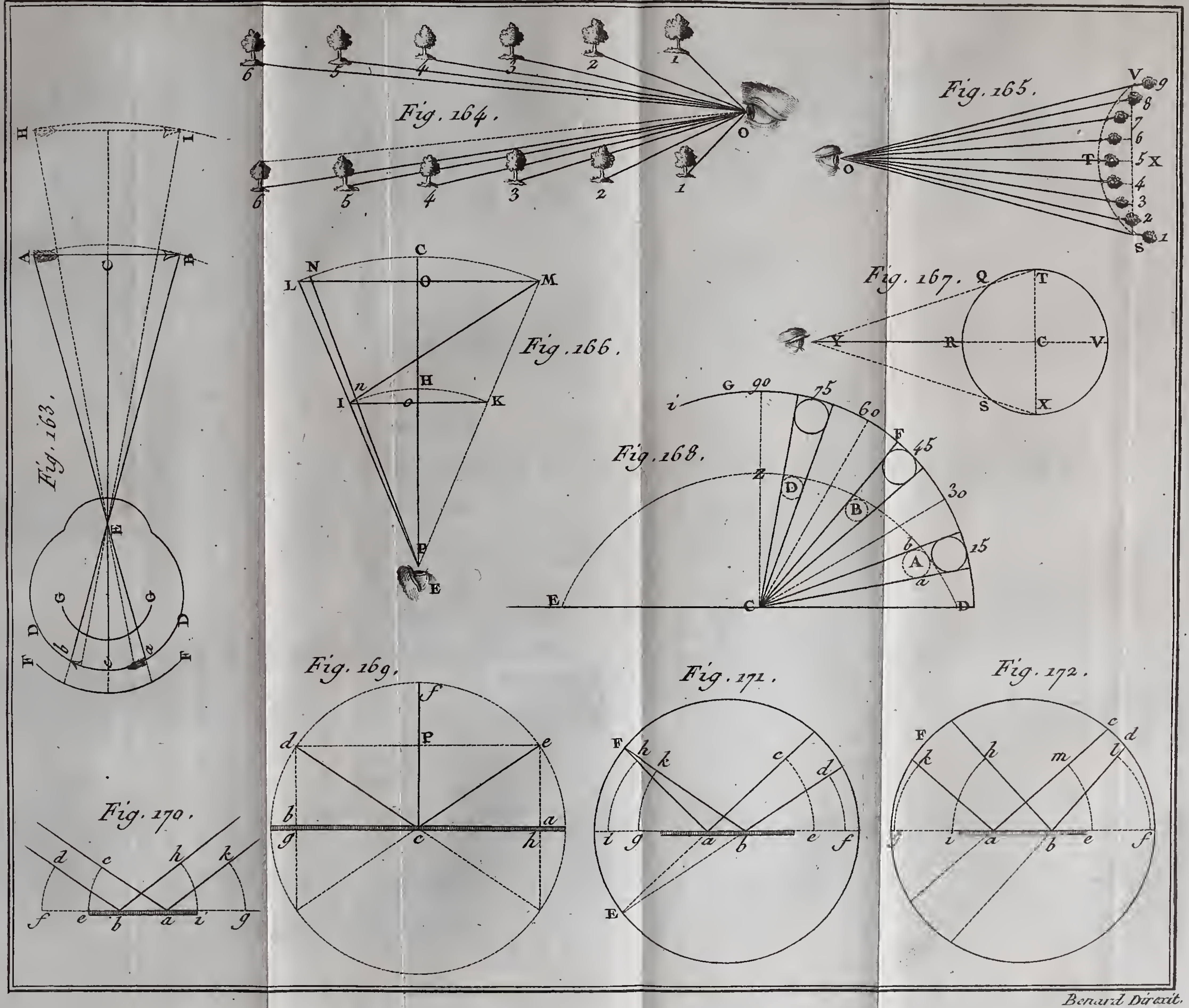
divergens. De ſorte que les ſurfaces convexes tendent toujours à éparpiller les rayons de lumiere, en en diminuant la convergence, & en en augmentant la divergence. Soient les miroirs convexes *b d* (*fig.* 173, 174, 175.). Je repréſente ici les miroirs courbes par deux élémens inclinés l'un à l'autre; parce que toutes les courbes ſont des aſſemblages de lignes droites infiniment courtes & inſenſiblement inclinées entre elles : & je fais ces élémens un peu grands, afin de me faire plus facilement entendre.

Fig. 173. *Fig.* 174. *Fig.* 175.

Fig. 173. 1228. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 173.), qui ſont paralleles entre eux, rencontrant le miroir convexe *b d*, & faiſant leurs angles de réflexion *f b e* & *h d i* égaux, à cauſe de leur incidence *g b a* & *k d c*, ſont divergens après leur réflexion.

Fig. 174. 1229. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 174.), qui ſont convergens, de maniere que, ſans l'interpoſition du miroir *b d*, ils iroient ſe réunir en *m*, vont, d'après le même principe, ſe réunir en *l*, bien plus loin des points de contacts *b* & *d*, que ne l'eſt le point *m* : & l'on voit que, ſi l'inclinaiſon des deux élémens *b* & *d* de la courbure étoit plus grande, ils pourroient être réfléchis paralleles ou même divergens.

Fig. 175. 1230. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 175.), qui, ſans l'interpoſition du miroir convexe *b d*, ſeroient très-peu divergens en *m*, prennent, après



Benard Direxit.

leur réflexion, un écartement beaucoup plus grand vers *l*, qui désigne un pareil degré d'éloignement.

1231. 3°. Supposons une surface concave. Des rayons paralleles, qui tombent sur cette surface, sont réfléchis convergens; des rayons déjà convergens sont réfléchis plus convergens; & des rayons divergens sont réfléchis moins divergens; ils peuvent même perdre toute leur divergence, & devenir paralleles ou même convergens. De sorte que les surfaces concaves tendent toujours à rassembler les rayons de lumiere, en en augmentant la convergence, & en en diminuant la divergence. Soient les miroirs concaves *b d* (*fig.* 176, 177, 178.). Il suffit de jeter les yeux sur ces figures, pour voir la vérité de ce que nous venons d'avancer. *Fig.* 176. *Fig.* 177. *Fig.* 178.

1232. Les rayons *a b* & *c d*, après avoir fait leurs angles de réflexion égaux à ceux de leur incidence, & qui (*fig.* 176.) sont paralleles avant leur réflexion, deviennent après convergens en *l*. *Fig.* 176.

1233. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 177.), qui, sans l'interposition du miroir *b d*, n'iroient se réunir qu'en *m*, après leur réflexion se réunissent en *l*, bien plus près des points de contacts *b* & *d* que ne l'est le point *m*. *Fig.* 177.

1234. Enfin les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 178.), *Fig.* 178.

qui, avant leur réflexion, ſont divergens entre eux, deviennent après convergens vers *o*.

1235. Au moyen de ces principes, il eſt aiſé de prévoir tous les effets des miroirs, & d'en rendre raiſon; &, en général, d'expliquer tous les phénomenes qui dépendent de la Catoptrique.

1236. On appelle *miroir* un corps dont la ſurface eſt aſſez bien polie pour réfléchir avec régularité la plus grande partie des rayons de lumiere qu'elle reçoit, & pour repréſenter les images des objets qu'on met au devant. Tels ſont les miroirs de métal & ceux de glace étamée. Ces derniers ſont d'un uſage plus fréquent, parce qu'ils ſont d'un poli plus beau & plus durable; mais ils ont un défaut qui ne permet pas de les employer dans les inſtrumens de Catoptrique, tels que les téleſcopes, &c. où l'on a beſoin d'une grande préciſion. Ce défaut eſt de donner preſque toujours deux images du même objet; l'une foible, par la ſurface antérieure, & l'autre beaucoup plus forte, par le tain qui couvre la
Fig. 179. ſurface poſtérieure. Suppoſons la flamme F (*fig.* 179.) d'une bougie placée devant un miroir *a c b d*: que d'un point de cette flamme partent deux rayons F *g*, F *h*, qui tombent ſur le miroir; l'un en *g*, ſur la ſurface antérieure *a b*;

& l'autre, pénétrant jusqu'en *h* à la surface postérieure *c d*. Ce dernier sera réfléchi vers *f*, & formera une image forte; & l'autre sera réfléchi vers *e*, où il formera une image foible, d'autant plus distante de la premiere, que l'épaisseur *a c* de la glace sera plus considérable. Ce que nous disons d'un seul point, peut se dire de tous les points de l'objet : les deux images de l'objet entier, anticipant par-là l'une sur l'autre, rendroient, dans un instrument de Catoptrique, la vision très-peu distincte. Voilà pourquoi, dans ces instrumens, on n'emploie pas de miroirs de glace. Il arrive quelquefois qu'on voit un plus grand nombre d'images, sur-tout en regardant obliquement la flamme d'une bougie dans un miroir de glace étamée. Ces images sont produites par les rayons qui, après avoir été réfléchis par la surface postérieure étamée, ne sortent pas tous; mais une partie est réfléchie en dedans de la glace par les parties solides de la surface antérieure, & de là est renvoyée de nouveau par la surface postérieure, ce qui produit une nouvelle image plus foible que la précédente; parce qu'elle est formée par un plus petit nombre de rayons. De cette maniere, il se forme plusieurs images de suite par les réflexions réitérées des rayons au dedans de la glace, & ces images vont toujours en s'affoiblissant.

1237. On peut divifer les miroirs, en *miroirs plans*, *miroirs convexes*, *miroirs concaves*, & *miroirs mixtes :* parmi les miroirs plans, on peut placer les *prifmatiques* & les *pyramidaux* ; car ils ne font compofés que de furfaces planes inclinées les unes aux autres. Parmi les miroirs concaves, on peut placer les *elliptiques* & les *paraboliques*, dont les furfaces font compofées de lignes courbes, comme le font celles des concaves. Les miroirs mixtes font les *cylindriques* & les *coniques*, dont les furfaces font compofées de lignes droites dans un fens, & courbes dans l'autre. Difons un mot de chacun de ces miroirs, & de la maniere dont ils repréfentent les images des objets placés devant eux.

Du Miroir plan.

Fig. 180. 1238. Dans un miroir plan *ab* (*fig.* 180.), l'image d'un objet, par exemple *c*, paroît (à un œil placé en *e*,) derriere le miroir *ab* dans la direction *eg*, & toujours dans l'interfection *g* de la cathete d'incidence *cg* avec le rayon réfléchi *eg*; & par conféquent à une diftance *g* égale à celle à laquelle l'objet *c* eft placé par devant : donc on voit toujours l'image dans le même lieu, quel que foit le rayon réfléchi qui la faffe appercevoir. Car comme les miroirs plans ne changent rien à la difpofition des rayons qui tombent fur eux (1223),

les rayons divergens, partant du point *c*, sont réfléchis vers l'œil *e*, par le miroir *ab*, avec le même degré de divergence (1226); & ont, par conséquent, leur point de réunion fictif *g*, à une distance *ag* derriere le miroir égale à la distance *ac* à laquelle l'objet *c* est placé par devant.

1239. Par la même raison, les miroirs plans ne changent rien aux figures des images, non plus qu'à leurs grandeurs apparentes. Car les rayons convergens K*m*, L*n* (*fig.* 181.), partant des extrémités de l'objet KL, & tombant sur le miroir *ab*, sont réfléchis vers l'œil *e* avec le même degré de convergence (1225); & par conséquent font voir l'image *kl* sous un angle égal à celui sous lequel l'objet lui-même eût été vu du point *i*, sans l'interposition du miroir *ab*. *Fig.* 181.

1240. De ce que chaque point de l'image est vu derriere le miroir à une distance égale à celle de ce point de l'objet par devant (1238), il s'ensuit que, si l'objet KL est incliné au miroir, son image *kl* sera vue inclinée en sens contraire. Voilà pourquoi, pour que les glaces, dans un appartement, produisent de bons effets, il faut avoir soin de les placer à angles droits avec les planchers & bien paralleles aux murs, que je suppose verticaux.

1241. Si un objet AB (*fig.* 182.) est situé parallelement à un miroir CD, & qu'il en soit à *Fig.* 182.

la même diſtance que l'œil placé en O ; la ligne de réflexion C D, c'eſt-à-dire, la partie du miroir ſur laquelle tombent les rayons A C, B D, &c. de l'objet A B qui ſe réfléchiſſent vers l'œil O, ſera la moitié de la longueur de l'objet A B ; parce que les images étant placées derriere le miroir à une diſtance égale à celle de l'objet par devant (1238), les rayons O G, O H ſont coupés par le miroir C D à la moitié de leur longueur, & par conſéquent à l'endroit où leur écartement n'eſt que la moitié de ce qu'il ſeroit à une diſtance double. Ainſi, pour pouvoir appercevoir un objet entier dans un miroir plan, il faut que la longueur & la largeur du miroir ſoient moitié de la longueur & de la largeur de l'objet. D'où il ſuit qu'étant données la longueur & la largeur d'un objet, qui doit être vu dans un miroir, on aura auſſi la longueur & la largeur que doit avoir le miroir, pour que l'objet, placé à la même diſtance de ce miroir que l'œil, puiſſe y être vu en entier.

1242. Il ſuit encore de là que, puiſque la longueur & la largeur de la partie réfléchiſſante du miroir ſont ſou-doubles de la longueur & de la largeur de l'objet (1241), la partie réfléchiſſante de la ſurface du miroir, eſt à la ſurface de l'objet en raiſon de 1 à 4. Et, par conſéquent, ſi, en une certaine poſition, nous voyons dans un miroir un objet entier, nous le verrons de même à toute

autre diſtance, ſoit que nous nous en approchions, ſoit que nous nous en éloignions, pourvu que l'objet s'approche ou s'éloigne en même temps, & ſoit toujours à la même diſtance du miroir que l'œil.

1243. Mais ſi nous nous éloignons du miroir, l'objet reſtant toujours à la même place, alors la partie de la ſurface du miroir qui doit repréſenter l'image de l'objet, doit être plus que le quart de la ſurface de l'objet; &, par conſéquent, ſi le miroir n'a de ſurface que le quart de celle de l'objet, on ne pourra plus voir l'objet entier. Au contraire, ſi nous nous approchons du miroir, l'objet reſtant toujours à la même place, la partie réfléchiſſante du miroir ſera moindre que le quart de la ſurface de l'objet. Ainſi on verra, pour ainſi dire, plus que l'objet tout entier; & on pourroit diminuer le miroir juſqu'à un certain point, ſans que cela empêchât de voir l'objet dans toute ſon étendue.

1244. En général, pour expliquer avec la plus grande facilité les phénomenes des objets vus dans un miroir plan, on n'a beſoin que de ce ſeul principe: *L'image d'un objet, vu dans un miroir plan, eſt toujours dans la perpendiculaire menée de l'objet à ce miroir & prolongée derriere; & cette image eſt autant au delà du miroir que l'objet eſt en deçà.* Avec le ſecours de ce principe, & des premiers

élémens de la Géométrie, on trouvera facilement la résolution de toutes les questions qu'on peut proposer sur cette matiere.

1245. L'égalité des angles d'incidence & de réflexion, dans les miroirs (1218), fournit une méthode pour mesurer des hauteurs inaccessibles, au moyen d'un miroir plan. Placez pour cela vo-
Fig. 183. tre miroir horizontalement, comme en C (*fig.* 183.), & éloignez-vous-en jusqu'à ce que vous y puissiez appercevoir, par exemple, la cime d'un arbre, dont le pied répond bien verticalement au sommet. Mesurez l'élévation verticale ED de votre œil au dessus de l'horizon ou du plan du miroir, ainsi que la distance EC de la station E au point de réflexion C, & la distance BC du pied de l'arbre à ce même point. Enfin cherchez une quatrieme proportionnelle BA aux lignes EC, ED & BC : & ce sera la hauteur cherchée. En effet, l'égalité des angles d'incidence ACB & de réflexion DCE (1218), rend semblables les triangles ACB, DCE, qui sont rectangles en B & en E ; d'où il suit que ces triangles ont leurs côtés homologues proportionnels, & qu'ainsi EC est à ED dans le même rapport que BC est à BA, hauteur cherchée.

Du Miroir prismatique.

1246. Le miroir prismatique est composé de

Fig. 173.

Fig. 174.

Fig. 175.

Fig. 176.

Fig. 177.

Fig. 178.

Fig. 179.

Fig. 180.

Fig. 181.

Fig. 182.

Fig. 183.

Benard Direxit.

miroirs plans, inclinés les uns aux autres, & qui ont chacun la figure d'un parallélogramme. Tel eſt le miroir repréſenté (*fig.* 184.). Ce miroir a la propriété de raſſembler dans une ſeule image, & ſans interruption, pluſieurs objets, ou pluſieurs parties d'un même deſſein diſperſées & ſéparées par des eſpaces, qui ſont ou vides ou remplis par d'autres figures, qui ne ſe repréſentent point dans le miroir. Suppoſons, par exemple, que le miroir ſoit compoſé de quatre faces élevées perpendiculairement autour d'une baſe *dkabt* (*fig.* 185.); l'œil placé à une certaine diſtance, comme en C, & élevé d'un pied, ou environ, au deſſus du plan qui porte le miroir, appercevra, par les rayons *st*, *rb*, *qb*, *pa*, &c. réfléchis des points *t*, *b*, *a*, &c. vers C, tout ce qui ſera deſſiné dans les bandes *srbt*, *qbab*, *lmka*, *ondk*: & tout ce qui ne s'y trouvera pas renfermé, ne ſe verra point dans le miroir, ſi l'œil ne ſe porte ni à droite ni à gauche: on pourra donc remplir d'objets étrangers au deſſein tous les eſpaces qui ſe trouvent entre ces bandes; & déguiſer par ce moyen la figure dont le miroir doit repréſenter l'image, & dont les parties ſont ſéparées par ces eſpaces : ce qui rend ces figures difficiles à deviner, ſans le ſecours du miroir.

Fig. 184.

Fig. 185.

Du Miroir pyramidal.

1247. Le miroir pyramidal eſt compoſé de mi-

roirs plans, triangulaires, inclinés les uns aux autres, de maniere que les ſommets de tous les triangles ont un point commun de réunion, lequel forme le ſommet de la pyramide. Tel eſt le mi-
Fig. 186. roir repréſenté (*fig.* 186.). Ce miroir a, de même que le priſmatique, la propriété de raſſembler dans une ſeule image, & ſans interruption, pluſieurs objets diſperſés & ſéparés par des eſpaces, qui ſont ou vides ou remplis par d'autres figures, qui ne ſe repréſentent point dans le miroir. Suppoſons, par exemple, que le miroir ſoit compoſé de quatre faces triangulaires; &
Fig. 187. que *abcd* (*fig.* 187.) repréſente la baſe du miroir. Ce qui ſe trouvera deſſiné dans les eſpaces triangulaires A, B, C, D, ſera repréſenté dans les parties correſpondantes *a*, *b*, *c*, *d* de la baſe; & l'image ne comprendra rien de tout ce qu'on pourroit avoir mis dans les eſpaces E, F, G, H, pour interrompre le deſſein, & empêcher qu'on n'apperçoive les rapports que ſes parties ont entre elles. Il faut obſerver que les rayons réfléchis *g*,
Fig. 188. G, *h*G, *i*G, &c. (*fig.* 188.) font voir à l'œil G, placé dans le prolongement de l'axe de la pyramide, les points A, B, C, &c. de l'objet dans un ordre oppoſé *c*, *b*, *a*, à celui qu'ils ont ſur le deſſein : de ſorte que le point A, le point D, &c. vont ſe réunir pour former le centre de l'image. Il faut donc que toutes les parties de la figure, qui

qui ſont renfermées dans chacun des triangles 1, 2, 3, 4 (*fig.* 189.), ſoient placées à contre-ſens, afin que l'image, apperçue dans le miroir, repréſente ſon objet au naturel. *Fig.* 189.

Du Miroir convexe.

1248. La ſurface des miroirs convexes eſt aſſez ordinairement ſphérique. Ces miroirs ont la propriété d'éparpiller les rayons de lumiere qu'ils réfléchiſſent (1227); car ils rendent divergens ceux qui ſont paralleles (1228): ils augmentent la divergence de ceux qui ſont déjà divergens (1230); & ils diminuent la convergence de ceux qui ſont convergens; quelquefois même ils les rendent paralleles ou divergens (1229). Nous allons en avoir la preuve, en ſuivant la loi générale établie ci-deſſus (1221). Suppoſons un objet *de* (*fig.* 190.) placé devant un miroir convexe *ab*. *Fig.* 190. Des deux faiſceaux de rayons qui partent des extrémités de l'objet, les rayons *dp* & *ep*, qui, ſans l'interpoſition du miroir, auroient été converger en *p*, ſont réfléchis moins convergens ſur la ligne *fg*: les deux rayons *dk* & *el*, qui auroient été converger en *m*, ſont réfléchis paralleles: les deux rayons *dh* & *ei*, qui auroient été converger en *c*, centre de la convexité, ſont réfléchis ſur eux-mêmes à cauſe de leur incidence perpendiculaire, & ſont, par conſéquent, divergens: &

tous les rayons qui tombent au delà de ces derniers, sont réfléchis encore plus divergens.

1249. Les miroirs convexes, de même que les miroirs plans, font voir l'image derriere eux, & dans une situation conforme à celle de l'objet : mais cette image, 1°. est plus petite que l'objet.
Fig. 191. Soit l'objet CD (*fig.* 191.) placé devant le miroir convexe *ab* : les deux rayons C*e* & D*d*, qui embrassent les extrémités de l'objet, & qui, sans l'interposition du miroir, iroient converger en *f*, sont réfléchis moins convergens (1229), & vont se réunir en *i*, en formant ensemble un angle plus aigu. Ils font donc voir l'image *gh* sous une plus petite dimension ; & d'autant plus petite que l'objet est plus loin du miroir.

1250. 2°. Cette image se trouve plus près derriere le miroir que l'objet n'est placé par-devant.
Fig. 192. Soit G (*fig.* 192.) un point quelconque d'un objet, d'où part un faisceau de rayons divergens, qui vont tomber sur le miroir ; ces rayons sont réfléchis plus divergens (1230) ; & ont, par conséquent, leur point fictif de réunion *g* plus rapproché : ce qui fait voir l'image plus près derriere le miroir que l'objet ne l'est par-devant, & ces effets augmentent proportionnellement à la convexité du miroir. Nous verrons bientôt (1254) que les miroirs concaves ont des foyers réels : les miroirs convexes n'ont qu'un foyer virtuel ; & ce

foyer eſt derriere le miroir, à une diſtance de ce miroir égale à la moitié du rayon de ſa convexité.

1251. L'image d'un objet d'une certaine grandeur & droit, placé parallélement ou obliquement à la ſurface d'un miroir convexe, ſe repréſente, dans ce miroir, ſous une figure courbe; parce que les différens points de cet objet ne ſont pas tous à égales diſtances de la ſurface du miroir. Le point *o*, par exemple, de l'objet *de* (*fig.* 190.) eſt plus près que tous les autres de la ſurface du miroir : & les points extrêmes *d* & *e* en ſont les plus éloignés. Ils doivent donc ſe repréſenter, derriere le miroir, à des diſtances proportionnelles à celles auxquelles ils ſont placés par-devant, ce qui fait paroître l'image courbe. *Fig.* 190.

Du Miroir concave.

1252. La ſurface des miroirs concaves eſt ordinairement ſphérique, quoique ce ne ſoit pas la meilleure courbure qu'on puiſſe lui donner; mais les autres courbures ſeroient trop difficiles à obtenir de l'adreſſe des Ouvriers : on en fait cependant quelquefois, mais rarement, d'elliptiques & de paraboliques, dont nous parlerons ci-après (1265 & 1266). Occupons-nous maintenant du ſphérique.

1253. Les miroirs concaves ont la propriété de rassembler les rayons de lumiere qu'ils réfléchissent (1231); car ils rendent convergens ceux qui sont paralleles (1232) : ils augmentent la convergence de ceux qui sont déjà convergens (1233) : & ils diminuent pour le moins la divergence de ceux qui sont divergens; quelquefois ils les rendent paralleles ou même convergens (1234) : & tous ces effets augmentent proportionnellement à la concavité du miroir.

1254. Le point où les rayons se réunissent, s'appelle *foyer*. Mais ce foyer n'est pas le même pour toutes sortes de rayons incidens. Les rayons
Fig. 193. paralleles, tels que *a b*, *d e* (*fig.* 193.), sont réfléchis par le miroir concave *m o*, & vont se réunir au point F, distant du miroir d'une quantité égale au quart du diametre de la sphere dont ce miroir est une partie; & c'est ce point-là que l'on appelle le *foyer des rayons paralleles* ou le *vrai foyer du miroir*. Les rayons convergens, tels que *f g*, *h i*, sont réfléchis plus convergens, & vont se réunir entre le foyer des rayons paralleles & le miroir, comme, par exemple, en K. Enfin les rayons divergens & qui partent d'un point plus éloigné du miroir que le foyer des rayons paralleles, tels que R *m*, R *o*, sont réfléchis convergens, & vont se réunir au delà du foyer des rayons paralleles, comme, par exem-

ple, en P. Mais si le point de divergence de ces rayons étoit plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles; si, par exemple, ils partoient du point K, ils seroient réfléchis divergens, & iroient, l'un de *g* vers *f*, & l'autre, de *i* vers *h*.

1255. Le foyer des rayons paralleles est donc au quart du diametre de la sphéricité du miroir: le foyer des rayons convergens est plus près du miroir que celui des rayons paralleles; & le foyer des rayons divergens en est plus éloigné.

1256. Les miroirs plans, ainsi que les convexes, font voir, comme nous l'avons prouvé ci-dessus (1238 & 1249), l'image derriere eux, & dans une situation conforme à celle de l'objet. Mais les miroirs concaves ne produisent cet effet que lorsque l'objet est placé entre le foyer des rayons paralleles & le miroir; & alors cette image est plus grande que l'objet. Soit l'objet AB (*fig.* 194.) placé devant le miroir concave *Fig.* 194.
EF, & plus près de ce miroir que le foyer des rayons paralleles. Les deux rayons A*e*, B*f*, qui embrassent les deux extrémités de l'objet, & qui, sans l'interposition du miroir, iroient converger en *d*, sont réfléchis plus convergens (1233), & vont se réunir en D, en formant ensemble un angle plus grand: ils font donc voir l'image *ab* plus grande que l'objet.

1257. De plus, cette image se trouve plus loin derriere le miroir, que l'objet n'est placé par-devant. Supposons A (*fig.* 195.) un point quelconque d'un objet, placé plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles F, duquel point part un faisceau de rayons divergens, qui, tombant sur le miroir, sont réfléchis moins divergens (1231), & ont, par conséquent, leur point fictif *a* plus éloigné : ce qui fait voir l'image plus loin derriere le miroir, que l'objet ne l'est par-devant.

Fig. 195.

1258. Mais si l'objet est placé plus loin du miroir que le foyer F des rayons paralleles, comme, par exemple, en *e*, les rayons *e b*, *e d*, trop peu divergens lorsqu'ils arrivent au miroir, sont réfléchis convergens (1234), & vont tracer en E l'image de l'objet. De sorte que, si l'œil *o* se recule autant qu'il est nécessaire pour que les rayons, après s'être croisés en formant l'image, aient repris le degré d'écartement convenable, il apperçoit l'image E entre le miroir & lui. La raison de cela est que chaque point éclairé d'un objet nous devient visible par un faisceau de rayons divergens (1190). Nous cessons donc de le voir, si ces rayons deviennent paralleles ou convergens : c'est ce qui arrive, lorsque l'objet n'est pas plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles : il faut donc que l'œil se recule

au delà du lieu E de l'image, où les rayons, après s'être croisés, redeviennent divergens.

1259. Cette image est toujours en sens contraire de l'objet. Telle est l'image *b a* de l'objet A B (*fig.* 196.). La raison de cela est que nous ne pouvons voir un objet entier A B, à moins qu'il ne se fasse vers l'œil H un concours de ces faisceaux de rayons divergens A E, B G, qui partent de ses extrémités (1190). Or ce concours ne peut avoir lieu qu'après que ces faisceaux se sont croisés entre l'objet & le miroir; ce qui ne peut pas manquer de renverser l'image. *Fig.* 196.

1260. C'est sur cette propriété du miroir concave, savoir, de représenter l'image de l'objet au devant de lui & non pas derriere, lorsque cet objet est placé plus loin du miroir que le foyer des rayons paralleles (1258); c'est sur cette propriété, dis-je, qu'est fondée la construction des télescopes catadioptriques (1623); car dans ces instrumens, nous ne voyons autre chose que l'image formée en devant du miroir.

1261. Puisque les rayons paralleles, qui tombent sur un miroir concave, se réfléchissent de maniere à se réunir vers son foyer (1254), les rayons solaires, qui peuvent tomber sur la surface d'un miroir concave, pouvant être regardés comme sensiblement paralleles, doivent donc se

réunir vers le foyer de ce miroir, & y en former un brûlant (1120).

1262. Puisque des rayons paralleles *a b*, *d e* (*fig.* 193.), qui tombent sur un miroir concave *m o*, sont réfléchis de maniere à se réunir à son foyer F (1254); il suit de là que des rayons divergens, partant du foyer F & tombant sur le miroir, sont réfléchis paralleles. Cela fournit un moyen de projeter une lumiere très-forte à une grande distance, en mettant, par exemple, une bougie allumée au foyer F d'un miroir concave. Les rayons lancés par cette bougie, & qui tomberont sur le miroir, seront réfléchis paralleles, & formeront un long cylindre d'une lumiere très-vive.

Fig. 193.

1263. Si ce cylindre de lumiere étoit reçu sur un autre miroir concave, les rayons qui le composent, se réuniroient au foyer de ce miroir, & y formeroient un foyer brûlant. Cette expérience a été faite plusieurs fois. On place deux miroirs concaves l'un devant l'autre & parallélement l'un à l'autre, à une distance de 25 ou 30 pieds : au foyer de l'un on met un gros charbon allumé que l'on anime avec un soufflet à double ame; & au foyer de l'autre on place une meche & une amorce. Les rayons, partant du charbon & réfléchis par le premier miroir, vont se réfléchir encore sur le second

& ſe réunir à ſon foyer, où ils embraſent la meche & l'amorce.

1264. Si l'on place un objet au centre d'un miroir concave, tous les rayons qui tombent ſur le miroir, ſe réfléchiſſent ſur eux-mêmes; parce qu'alors l'incidence étant perpendiculaire, la réflexion l'eſt auſſi (1218). Ainſi un œil, placé au centre d'un miroir concave, ne verra rien autre choſe que lui-même, mais confuſément & dans toute l'étendue du miroir.

Du Miroir elliptique.

1265. La ſurface d'un miroir elliptique eſt celle d'un ſphéroïde elliptique. La propriété de ce miroir, qui, de même que l'ellipſe, a deux foyers, eſt de réfléchir à l'un de ſes foyers tous les rayons qui partent de l'autre; de façon que, ſi l'on met, par exemple, à l'un de ſes foyers une bougie allumée, ſa lumiere ſe raſſemble à l'autre foyer. La conſtruction d'un pareil miroir eſt très-difficile; auſſi en fait-on peu d'uſage.

Du Miroir parabolique.

1266. La ſurface d'un miroir parabolique eſt celle d'un Conoïde parabolique. La propriété de ce miroir eſt que les rayons qui partent de ſon foyer, & qui tombent ſur ſa ſurface, ſont réfléchis parallélement à ſon axe: & réciproquement, les

rayons qui viennent parallélement à l'axe du miroir, tomber sur sa surface, comme, par exemple, ceux du soleil, sont réfléchis à son foyer. D'où il suit qu'un tel miroir, s'il étoit bien fait (mais ce qui est très-difficile), seroit un très-bon miroir ardent.

Du Miroir cylindrique.

1267. La surface réfléchissante d'un tel miroir est cylindrique. Tel est le miroir représenté (*fig.* 197.). La surface de ce miroir est composée de lignes droites dans le sens de sa hauteur A B, & de lignes circulaires dans le sens de sa largeur C D : c'est pour cela qu'on le nomme *miroir mixte.*

Fig. 197.

1268. Ce miroir a la propriété de produire tout à la fois les effets des miroirs plans, & ceux des miroirs convexes. Supposons G F (*fig.* 198.) sa hauteur : un objet A E étant couché devant ce miroir, tous les rayons, partant des points A, B, C, D, E, tombant sur la surface G F du miroir, & étant réfléchis vers l'œil O, devroient représenter les images de ces différens points en *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, comme le feroit un miroir plan (1238) : la dimension, dans ce sens-là, ne doit donc pas être changée (1239). Mais, comme dans l'autre sens, le miroir est courbe, supposons que *q t y* (*fig.* 199.) représente sa largeur : les rayons A *q*,

Fig. 198.

Fig. 199.

Fig. 184.

Fig. 185.

Fig. 186.

Fig. 187.

Fig. 188.

Fig. 189.

Fig. 190.

Fig. 191.

Fig. 192.

Fig. 193.

Fig. 194.

Fig. 195.

Benard Direxit.

L r, M s, N t, O x, P z, F y, étant réfléchis vers l'œil Z, font voir tous ces points A, L, M, N, &c. de l'objet dans l'eſpace af; ce qui diminue beaucoup, dans ce ſens-là, la dimenſion de l'image: propriété du miroir convexe (1249). Il doit arriver la même choſe à tous les points viſibles qui ſont dans les autres lignes BQG, CRH, DTI, ESK, concentriques à la ſurface du miroir. Il faut donc que ces parties ſoient très-étendues dans le deſſein, pour que l'image reſſemble à quelque choſe de connu.

1269. Et comme le miroir convexe fait voir l'image derriere le miroir plus près que l'objet n'eſt par-devant (1250), cette image, au lieu d'être couchée en ae (*fig.* 198.), comme nous l'avons dit ci-deſſus (1268), ſe trouve relevée, comme eg, & par conſéquent rapprochée : autre propriété du miroir convexe (1250). *Fig.* 198.

1270. Et ſi l'œil s'éleve, comme en K, la hauteur de l'image augmente de la quantité gh; parce que l'angle viſuel (1208) devient par-là moins aigu.

1271. Dans la plupart des miroirs cylindriques, la ſurface courbe eſt convexe : on en fait cependant d'autres, dont cette ſurface eſt concave ou creuſe. Ils produiſent à peu près les mêmes effets, cependant avec cette différence, que, la ſurface étant convexe, l'image eſt vue

derriere le miroir; & lorſqu'elle eſt creuſe, l'image eſt vue en devant du miroir (1258); parce que l'objet eſt toujours placé plus loin que le foyer des rayons paralleles.

1272. Si l'on préſente au ſoleil un miroir cylindrique concave, on verra les rayons ſe réfléchir, non dans un foyer, mais dans une ligne lumineuſe parallele à l'axe, & à une diſtance à peu près égale au quart du diametre.

Du Miroir conique.

1273. La ſurface réfléchiſſante d'un tel miroir a la forme d'un cône. Tel eſt le miroir repréſenté *fig.* 200. La ſurface de ce miroir eſt compoſée de lignes droites dans le ſens de ſa hauteur A B, & de lignes circulaires dans le ſens de ſa largeur C D; mais de façon que toutes les lignes droites ont un point commun de réunion A, lequel forme le ſommet du cône. Ce ſont ces lignes de différentes eſpeces qui ont fait donner à ce miroir le nom de *miroir mixte*.

Fig. 200.

1274. Ce miroir a, de même que le miroir cylindrique (1268), la propriété de produire tout à la fois les effets des miroirs plans & ceux des miroirs convexes. Suppoſons C K F (*fig.* 201.) la coupe verticale d'un miroir conique; & les deux lignes C K & F K deux des lignes droites qui le compoſent, & qui ont un point de réunion

Fig. 201.

en K. Ces deux lignes, qui repréſentent deux miroirs plans inclinés l'un & l'autre, en doivent produire les effets. Les rayons partant des points A, B, C, tombant ſur la ſurface du miroir aux points *g*, *h*, *i*, & étant réfléchis vers l'œil O, doivent repréſenter ces points dans la baſe du miroir, dans un ordre oppoſé *a*, *b*, *c*. Il faut dire la même choſe des points D, E, F, repréſentés en *d*, *e*, *f*; ainſi que de tous ceux qui ſe trouvent dans les circonférences des cercles, dont on ne voit ici que les moitiés A H D, B I E, C G F. Mais, comme de chaque point il ne part pas des rayons ſimples, mais des faiſceaux de rayons (1188), le miroir les modifie comme le fait un miroir convexe. En conſéquence, l'image paroît beaucoup plus petite que l'objet (1249), & plus près de l'œil qu'elle ne ſeroit ſi le miroir étoit purement droit (1250).

1275. D'après ce que nous venons de dire (1274), on doit donc voir au centre de l'image ce qui eſt deſſiné dans la circonférence extérieure A H D : & les extrémités de l'image doivent être compoſées de ce qui ſe trouve dans la circonférence intérieure C G F.

1276. Et comme la courbure du miroir augmente de plus en plus, en approchant de la pointe du cône, puiſque les cercles qui le compoſent vont toujours en diminuant de diametre,

il s'ensuit que ce qui est le plus étendu dans l'objet, est le plus resserré dans l'image. Voilà pourquoi ces objets sont très-difficiles à reconnoître, sans le secours du miroir. On ne se douteroit pas, par exemple, que le carton noirci
Fig. 202. (*fig.* 202.) doit représenter dans le miroir un as de pique à quelqu'un qui met son œil dans le prolongement de l'axe du cône. Les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, &c. de la circonférence intérieure forment les extrémités de l'image; & les points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de la circonférence extérieure, vont se réunir au centre de l'image presque dans un point unique.

1277. Ces deux derniers miroirs, le cylindrique (1267) & le conique (1273), ne sont d'aucune utilité; ils ne sont que curieux.

Des principes de la Dioptrique.

1278. La Dioptrique est une Science qui a pour objet les effets de la lumiere réfractée; c'est-à-dire que son objet est de considérer & d'expliquer les effets de la réfraction de la lumiere, lorsqu'elle passe par différens milieux, tels que l'air, l'eau, le verre, &c. Or la réfraction de la lumiere est une déviation que souffrent ses rayons, en passant obliquement d'un milieu dans un autre, d'une résistance différente.

1279. Cette réfraction ne s'observe que dans

les milieux tranſparens. Il faut donc concevoir ces milieux, ſolides ou fluides, comme des maſſes dont les pores, alignés en toutes ſortes de directions, ou ſont pleins de la matiere de la lumiere, comme l'ont penſé *Deſcartes* & *Huyghens* (1179), ou peuvent la laiſſer paſſer en lignes droites, comme l'a cru *Newton* (1180). Si cette matiere eſt animée d'un côté, elle tranſmet ſon mouvement au travers d'une ſurface à l'autre.

1280. Il y a deux conditions abſolument eſſentielles pour que la lumiere ſe réfracte; ſavoir 1°. qu'elle paſſe d'un milieu dans un autre plus ou moins réſiſtant: 2°. que ſa direction ſoit oblique au plan qui ſépare les deux milieux.

1281. La quantité de cette déviation des rayons de lumiere, n'eſt pas la même pour tous les cas. Elle dépend, 1°. de la denſité plus ou moins grande du nouveau milieu dans lequel paſſe le rayon de lumiere: plus cette denſité eſt grande, toutes choſes d'ailleurs égales, plus la réfraction eſt conſidérable.

1282. 2°. Elle dépend de la nature du corps réfringent: ſi c'eſt un corps gras ou un eſprit ardent, la réfraction eſt plus conſidérable qu'elle ne le ſeroit, ſi elle ſe faiſoit dans un corps d'une autre nature, quoiqu'il eût la même denſité.

1283. 3°. Elle dépend du degré d'obliquité d'incidence, avec lequel le rayon tombe ſur la

ſurface du nouveau milieu. La réfraction augmente avec cette obliquité, & proportionnellement à elle.

Fig. 203. 1284. Si un rayon de lumiere *p* C (*fig.* 203.) paſſe de l'air dans l'eau, dans la direction *p* C, perpendiculaire au plan D *d* qui ſépare l'eau de l'air, il continue ſa route dans la direction C P, & ne ſouffre aucune réfraction, parce qu'il manque une des conditions abſolument eſſentielles, qui eſt l'obliquité d'incidence (1280).

1285. Mais ſi le rayon A C paſſe obliquement de l'air dans l'eau, au lieu de continuer ſa route en droite ligne dans la direction C B, il prend la direction C *a*, en s'approchant de la perpendiculaire *p* P au plan D *d* qui ſépare les deux milieux; de maniere que ſon angle de réfraction P C *a* eſt plus petit que ſon angle d'incidence *p* C A.

1286. Si l'incidence étoit plus oblique, la réfraction ſeroit plus conſidérable; & elle eſt toujours proportionnelle à l'obliquité d'incidence (1283); de ſorte que dans tous les cas, où les milieux ne changent point, il y a un rapport conſtant entre l'angle de réfraction & celui d'incidence. Si donc, dans un degré d'obliquité déterminé, l'angle de réfraction eſt à celui d'incidence comme 3 eſt à 4, dans un degré d'obliquité,

quité, ou plus grand ou plus petit, ces deux angles seront dans le même rapport.

De ces résultats on peut déduire les loix générales suivantes.

1287. I. Loi. *Les rayons de lumiere se réfractent toujours, lorsqu'ils passent obliquement d'un milieu dans un autre, d'une densité ou, en général, d'une résistance différente.*

1288. II. Loi. *Quand la lumiere se réfracte, en passant d'un milieu plus rare ou, en général, plus résistant, dans un plus dense ou, en général, moins résistant, l'angle de réfraction est plus petit que celui d'incidence;* & vice versâ.

1289. III. Loi. *Quelque grande ou quelque petite que soit la réfraction, les sinus des deux angles de réfraction & d'incidence demeurent toujours en rapport constant, quand les milieux sont les mêmes.*

1290. Ce sont ordinairement les milieux les plus denses, qui paroissent le moins résister à l'action de la lumiere, & rendre l'angle de réfraction plus petit que celui d'incidence (1281): &, au contraire, ce sont les milieux les plus rares qui paroissent les plus résistans, à moins que ce ne soient des corps inflammables, tels que les huiles & les esprits ardens.

1291. *Descartes* & *Fermat* considérerent la lumiere comme un corps d'une grandeur sensible, & sur lequel les milieux agissent de la

même maniere qu'ils paroiſſent le faire ſur les autres corps : & trouvant que les milieux, que la lumiere traverſe, faiſoient ſur elle des effets contraires à ceux qui devoient réſulter des principes mécaniques, ils imaginerent chacun une hypotheſe pour accorder, dans ce cas, les loix de la mécanique dont on ne peut douter, & les effets phyſiques qui ſont preſque auſſi certains.

1292. On ſait que plus les milieux ſont denſes, plus ils réſiſtent aux corps qui tendent à ſéparer leurs parties en les pénétrant (124) : or, dans ce cas, l'angle de réfraction eſt plus grand que l'angle d'incidence (119) ; parce que la vîteſſe verticale du corps étant diminuée par la réſiſtance du milieu, la vîteſſe horizontale influe davantage dans la direction de la diagonale que le corps parcourt, en obéiſſant à ces deux forces, dans leſquelles ſon mouvement ſe décompoſe (162).

1293. Or il arrive tout le contraire aux rayons de lumiere : plus le milieu qu'ils traverſent eſt denſe, plus le ſinus d'incidence ſurpaſſe celui de réfraction : donc la vîteſſe verticale des rayons eſt augmentée dans ce cas ; & il leur arrive alors tout le contraire de ce que les loix de la mécanique paroiſſent indiquer.

1294. *Deſcartes*, pour les accorder avec l'expérience qu'il ne pouvoit éluder, prétendoit que

plus les milieux étoient denſes, plus ils ouvroient un paſſage facile à la lumiere. Mais c'étoit donner de ce phénomene une raiſon plus capable de le faire révoquer en doute que de l'expliquer.

1295. *Fermat* trouvant l'explication phyſique de *Deſcartes* impoſſible à admettre, aima mieux avoir recours à la Métaphyſique & aux cauſes finales. Il ſe retrancha donc à dire qu'il étoit convenable à la ſageſſe de l'Auteur de la Nature de faire aller la lumiere d'un point à un autre par le chemin du plus court temps, puiſqu'elle n'y va pas par le chemin le plus court, qui ſeroit la ligne droite. Ce principe ne paroît pas meilleur que celui de *Deſcartes*.

1296. *Newton* a trouvé plus aiſé de rendre raiſon de ce phénomene, en lui donnant pour cauſe l'attraction ; car ce principe montre que le mouvement progreſſif de la lumiere n'eſt pas ſeulement moins retardé dans le milieu le plus denſe, comme le vouloit *Deſcartes*, mais qu'il eſt réellement accéléré, & cela par l'attraction du milieu plus denſe, lorſqu'il le pénetre.

1297. Ce n'eſt pas ſeulement lorſque le rayon a atteint le milieu réfringent, & au point d'incidence, qu'il agit ſur lui : l'incurvation du rayon commence un peu auparavant ; & elle augmente à meſure qu'il approche du milieu réfringent, & même dans l'intérieur de ce milieu juſqu'à

une certaine profondeur. Suppoſons que H I (*fig.* 204.) termine les deux milieux N & *o*, dont le premier N ſoit le plus rare, par exemple, de l'air; le ſecond *o* plus denſe, ſavoir, du verre. L'attraction des milieux ſera ici comme leurs denſités. Suppoſons que P S ſoit le terme auquel la force attractive du milieu le plus denſe *o* s'étende au dedans du plus rare N, & que R F ſoit le terme auquel s'étend l'attraction du milieu plus rare N dans le milieu plus denſe *o*.

Fig. 204.

1298. Soit maintenant un rayon de lumiere A *a* qui tombe obliquement ſur la ſurface qui ſépare les milieux, ou plutôt ſur la ſurface PS où commence l'action du ſecond milieu *o* qui attire le plus. Toute attraction ſe faiſant ſuivant des lignes perpendiculaires au corps attirant, dès que le rayon arrivera au point *a*, il commencera à être détourné de ſa direction par une force ſupérieure qui l'attire davantage vers le milieu *o* que vers le milieu N, c'eſt-à-dire, par une force qui le pouſſera ſuivant une direction perpendiculaire à la ſurface H I : de là vient que le rayon s'écarte de la ligne droite à chaque point de ſon paſſage entre P S & R F, qui ſont les limites au dedans deſquelles l'attraction agit. Il décrira donc une courbe *a* B *b* entre ces deux lignes. (Il faut ſuppoſer cette ligne courbe tracée, quoique nous ne l'ayons repréſentée que par deux

lignes droites *a* B, B *b*, qui font un angle en B). Mais étant parvenu au delà de R F, il se trouvera hors de la sphere d'attraction du milieu N (1297) : ce qui fait qu'il sera attiré également en tous sens par le milieu *o*, &, par conséquent, s'avancera en ligne droite vers C, suivant la direction de la tangente à la courbe *a* B *b*.

1299. Supposons de nouveau que N soit le milieu le plus dense, *o* le plus rare, & H I la ligne qui les termine. Soit R F la distance à laquelle le milieu le plus dense N étend sa force attractive dans le plus rare *o* : le rayon A *a* ayant passé le point *a*, sera, à la vérité, dans la sphere de l'attraction supérieure du milieu le plus rare *o* ; mais comme cette attraction agit moins puissamment que celle du milieu le plus dense N, le rayon s'éloignera continuellement de son droit chemin A M, & s'approchera perpendiculairement vers P S : étant donc ainsi poussé par deux différentes forces, il aura un mouvement composé (168), par lequel, au lieu de *a* M, il décrira la courbe *a* B *m*.

1300. Il faut observer que l'attraction du milieu le plus dense, de N, par exemple, diminue continuellement à mesure que le rayon avance de B vers la limite de l'attraction R F, à cause qu'il se trouve de plus en plus un moindre nombre de parties qui agissent ; car plus le corps

s'approche de RF, plus il s'éloigne du milieu supérieur N, & plus, par conséquent, l'attraction de ce milieu devient foible. C'est pour cela que le rayon décrit une courbe (168).

1301. Il faut remarquer que la distance entre PS & RF, limites de l'attraction, étant fort petite, on ne fait point attention, quand il est question de réfraction, à la partie courbe du rayon; mais on la considere comme composée de deux lignes droites AB, BC, ou AB, B*m*.

1302. On voit donc comment l'attraction rend compte de tout ce qui arrive à la lumiere dans son passage d'un milieu dans un autre; car (1298) le rayon augmente sa vîtesse verticale dans le milieu plus dense *o* qu'il traverse, jusqu'à ce qu'il soit parvenu au point *b* où les parties supérieures & inférieures de ce corps agissent également sur lui. Alors il continue son chemin avec la vîtesse acquise, jusqu'à ce qu'étant prêt à en sortir, les parties supérieures de ce milieu l'attirent plus fortement que les parties inférieures : c'est ce qu'il est aisé de voir, en supposant, comme nous l'avons fait (1299), que N est le milieu le plus dense, & *o* le plus rare. Dans ce cas-là, la vîtesse verticale du rayon *a* B, qui est prêt à sortir du milieu N, est continuellement diminuée; & la courbe *a* B *m*, qu'il décrit à son émergence, est parfaitement égale & semblable à celle *a* B *b*

que nous avons dit (1298) qu'il á décrit à fon incidence, pourvu toutefois que l'on fuppofe paralleles les furfaces qui terminent le milieu réfringent. Et cette courbe *a* B *m* eft dans une pofition oppofée à celle de la premiere *a* B *b* qu'il avoit décrit. Enfin le rayon, en fortant du milieu le plus denfe, paffe par des degrés de retardation qui font dans le même rapport, & dans le même ordre, mais inverfe, que les degrés d'accélération qu'il a eu en y entrant.

1303. *Newton*, qui étoit auffi fupérieur dans l'art de faire des expériences, que dans celui de les employer, a trouvé, en examinant la déviation du rayon dans les différens milieux, que l'attraction exercée fur les particules de la lumiere eft en raifon de la denfité de ces milieux, fi cependant l'on en excepte ceux qui font gras & inflammables.

1304. On déduit auffi du principe de l'attraction la caufe pour laquelle la réfraction fe change en réflexion à une certaine obliquité d'incidence, lorfque le rayon va d'un milieu plus denfe dans un moins denfe; car dans le paffage du rayon C B d'un milieu plus denfe *o* dans un autre N qui l'eft moins, la courbe *b* B *a* qu'il décrit (1298) eft infléchie vers le milieu plus denfe *o* d'où il fort. Or la proportion entre fon obliquité & la force qui le rappelle vers le corps *o*, peut être

telle qu'il arrive à la ſituation parallele à la ſurface HI du milieu *o* qu'il abandonne, avant d'être ſorti des limites PS dans leſquelles l'attraction de ce corps agit ſur lui : & l'on voit qu'alors il doit retourner vers le milieu réfringent *o* d'où il ſortbit, en décrivant une branche de courbe égale & ſemblable à celle *b* B, qu'il avoit décrite en ſortant, & reprendre, par conſéquent, après être rentré dans le milieu, la même inclinaiſon que celle qu'il y avoit avant d'en ſortir.

1305. D'où il ſuit que plus les milieux contigus different en denſité, moins il faut d'obliquité d'incidence pour que la réflexion commence; & c'eſt ce que prouve l'expérience : car le cas où les rayons ſe réfléchiſſent à la plus petite obliquité d'incidence, eſt celui où l'eſpace contigu au milieu réfringent eſt purgé d'air, & où le vide approche le plus du parfait. C'eſt auſſi ce qui arrive dans la machine pneumatique, dans laquelle plus on augmente le vide, plus un rayon de lumiere ſe réfléchit promptement.

1306. On ſent aiſément que, lorſque le rayon AB paſſe d'un milieu plus rare N dans un plus denſe *o*, la réfraction ne peut jamais ſe changer en réflexion, quelle que ſoit l'obliquité d'incidence; car lorſque la lumiere eſt prête d'abandonner le milieu moins denſe N,

l'autre *o*, qui lui eſt contigu, commence à agir ſur elle, & augmente ſa vîteſſe verticale (1296): ainſi elle ne peut jamais être détruite dans ce paſſage, puiſqu'elle eſt, au contraire, perpétuellement augmentée. Le rayon de lumiere ne peut donc jamais retourner vers le milieu moins denſe N.

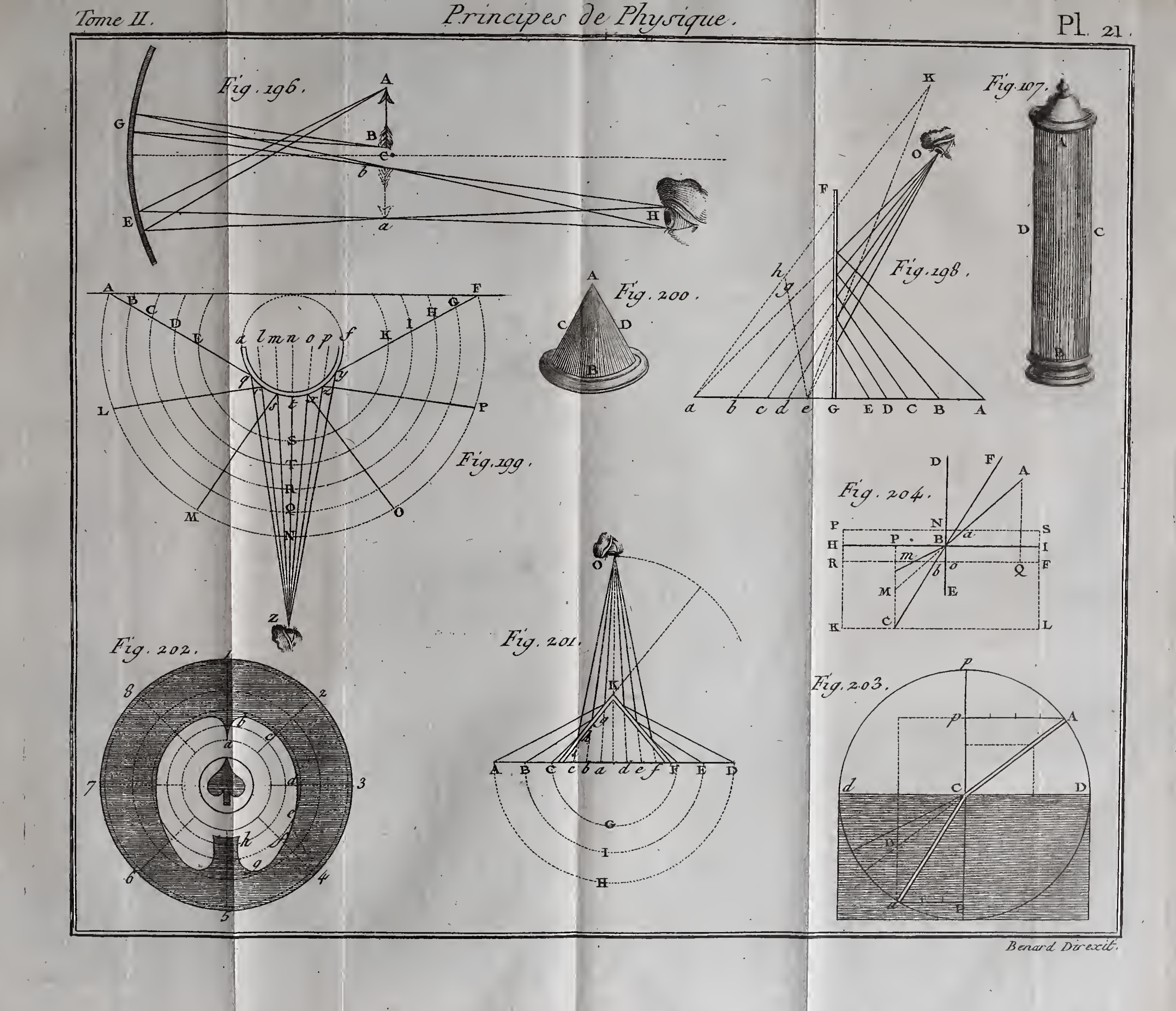
1307. L'explication que nous venons de donner (1296 & *ſuiv.*) quadre ſi bien avec les phénomenes, qu'il eſt du moins très-probable que l'attraction des milieux que la lumiere traverſe, eſt la cauſe de la réfraction de ſes rayons; mais nous n'oſons l'aſſurer; parce que l'attraction, comme telle, n'eſt pas aſſez clairement prouvée.

1308. Il eſt cependant vrai de dire qu'il y a une exception qui diminue un peu la valeur de cette explication. Suivant *Newton* (1303) & ſuivant l'expérience, l'attraction des milieux ſur la lumiere eſt en raiſon directe de leurs denſités: mais il n'eſt pas moins vrai, de l'aveu même de *Newton*, que les eſprits ardens & les huiles, quoique moins denſes que l'eau, attirent plus puiſſamment qu'elle les rayons de lumiere. Ne pourroit-on pas dire que, comme les rayons de lumiere agiſſent avec plus de force ſur ces corps que ſur les autres, pour les embraſer; de même ces corps, par leur attraction, agiſſent avec plus de force ſur les rayons

de lumiere pour les réfracter ? Mais, ce qui dérange encore plus notre explication, c'eſt que les pouvoirs réfractifs de chacun de ces corps inflammables, comparés enſemble, ne ſuivent point les rapports de leurs denſités, comme je l'ai trouvé par expérience. (*Voyez Mémoires de l'Acad. des Sciences, an.* 1777, *pag.* 548.) Car l'huile volatile de térébenthine, qui a une denſité moindre que celle de l'huile volatile de lavande, & que celle des huiles fixes d'olives & d'amandes douces, a cependant un pouvoir réfringent plus grand. De même l'huile volatile de karabé a un pouvoir réfringent plus grand que celui de l'huile volatile de romarin, qui a plus de denſité qu'elle.

1309. Il y a toujours pluſieurs rayons de lumiere qui agiſſent enſemble, pour tracer l'image d'un objet. Or ces rayons peuvent être différemment diſpoſés relativement les uns aux autres : ils peuvent être ou paralleles entre eux, ou convergens, ou divergens : & les ſurfaces des milieux réfringens peuvent être ou planes, ou convexes, ou concaves. Voici ce qui arrive dans ces différens cas, d'après le principe & les loix établis ci-deſſus (1284 & *ſuiv.*).

1310. 1°. Suppoſons que la ſurface du milieu réfringent ſoit plane, & que ce nouveau milieu, dans lequel paſſe la lumiere, ſoit plus



Benard Direxit.

denſe ou moins réſiſtant (1290) que celui d'où la lumiere ſort.

1311. Les rayons paralleles, en ſe réfractant, conſervent leur paralléliſme, ſoit en entrant dans le milieu réfringent, ſoit en en ſortant, pourvu que les deux ſurfaces du milieu réfringent ſoient elles-mêmes paralleles. Les deux rayons EA, EA, (*fig.* 205.) après s'être réfractés, en s'approchant des perpendiculaires *p*, *p*, ſe trouvent paralleles, comme ils l'étoient auparavant. Or cela doit être, ſuivant les principes établis ci-deſſus; car le rayon AC (*fig.* 208.), rencontrant la ſurface EF du milieu réfringent, ne doit pas continuer ſa route dans la ligne droite C*b*; mais il doit ſouffrir une déviation au point de contact C, s'approcher de la perpendiculaire P*p*, & arriver en *a*. *Fig.* 205. *Fig.* 208.

1312. Enſuite ſortant du milieu réfringent, en ſuppoſant la ſurface GH, parallele à EF, il doit aller en B, en s'écartant de la perpendiculaire P*p* autant qu'il s'en étoit rapproché dans ſa premiere réfraction (1311), & ſe trouver ainſi parallele à la direction C*b*, qu'il auroit conſervée, ſans la rencontre du milieu réfringent.

1313. Mais ce paralléliſme ne peut pas ſubſiſter, ſi les deux ſurfaces KL, HI (*fig.* 209.) du milieu réfringent ſont inclinées l'une à l'autre, *Fig.* 209.

parce que les deux réfractions, en entrant en *a* & en sortant en *b*, se font dans le même sens; & du point B, on voit l'objet A en *e*, hors de son vrai lieu.

1314. Les rayons convergens deviennent moins convergens, en passant d'un milieu plus rare ou plus résistant dans un milieu plus dense ou moins résistant; & au contraire leur convergence augmente, en passant du milieu plus
Fig. 206. dense dans le plus rare. *Voyez la fig.* 206, où les rayons, qui devroient converger en E, vont converger plus loin, en entrant dans le milieu réfringent AD; & au contraire, en sortant de BC, ils vont converger en F plus près qu'ils n'auroient fait sans cette réfraction. Cela doit encore être, suivant nos principes. Car les
Fig. 210. deux rayons convergens *lg*, *fg*, (*fig.* 210.) rencontrant la surface IH du milieu réfringent, ne continuent point leur route vers *i*, mais se réfractent en s'approchant de la perpendiculaire, & vont en *h*, *h*; ce qui les rend moins convergens.

1315. Au contraire, en sortant de la surface LK, ils se réfractent en s'éloignant de la perpendiculaire, & vont converger en *k*, plus près qu'ils n'auroient fait sans cela.

1316. Les rayons divergens deviennent moins divergens, en passant d'un milieu plus rare dans un plus dense; &, au contraire, leur divergence

augmente en passant du milieu plus dense dans le plus rare. *Voyez la fig.* 207, où les rayons, qui, après s'être croisés, sont devenus divergens, diminuent de divergence en E en entrant par la surface A D du milieu réfringent, & en augmentent en sortant de ce milieu en B C. En effet, les rayons divergens *kh*, *kh* (*fig.* 210.), rencontrant la surface L K du milieu réfringent, ne continuent point leur route vers G & G, mais se réfractent en s'approchant de la perpendiculaire, & vont en *g*, *g*; ce qui les rend moins divergens. *Fig.* 207. *Fig.* 210.

1317. Au contraire, en sortant de la surface I H, ils se réfractent en s'éloignant de la perpendiculaire, & vont vers *l* & *f*, ce qui les rend plus divergens.

1318. 2°. Supposons que la surface du milieu réfringent soit convexe, & que ce nouveau milieu, dans lequel passe la lumiere, soit plus dense ou moins résistant (1290) que celui d'où sort la lumiere ; par exemple, que ce dernier soit de l'air, & que le milieu réfringent soit de l'eau.

1319. Les rayons paralleles deviennent convergens. *Voyez la fig.* 211 qui représente ce phénomene. Cela doit encore être, suivant nos principes. Car les rayons paralleles *h i*, *f g*, (*fig.* 216.) tombant obliquement sur le milieu réfrin- *Fig.* 211. *Fig.* 216.

gent terminé par la surface convexe *g E i*, & leurs obliquités étant en sens contraire l'une de l'autre, doivent, en se réfractant & s'approchant chacun de la perpendiculaire *i* C ou *g* C, tendre à se réunir vers l'axe A B.

1320. Il faut de plus remarquer qu'ils se réunissent à l'axe A B d'autant plus près de la surface réfringente *g E i*, qu'ils tombent sur un point plus éloigné de l'axe; parce qu'alors leur incidence est plus oblique (1283). Aussi le rayon *h i* se réunit à l'axe en *k*, & le rayon *d e* ne s'y réunit qu'en D.

1321. Si les rayons sont déjà convergens, lorsqu'ils arrivent à la surface réfringente convexe, ou ils tendent à converger précisément au centre de la convexité, ou leur point naturel de convergence se trouve plus près de la surface réfringente que le centre de sa courbure, ou ces rayons tendent à converger au delà de ce même centre.

1322. Dans le premier cas, les rayons ne souffrent aucune déviation. (*Voyez fig.* 212.). Les rayons convergent en A, comme ils l'auroient fait sans l'interposition du corps réfringent; parce qu'il manque une condition essentielle pour la réfraction, qui est l'obliquité d'incidence (1280). Car les rayons *e f* & *d h* (*fig.* 217.) tendans à converger en C, centre de la

Fig. 212.
Fig. 217.

convexité, ſont comme autant de prolongemens des rayons de cette convexité.

1323. Dans le ſecond cas, ſavoir, celui où les rayons tendent à converger plus près de la ſurface réfringente que le centre de ſa courbure, les rayons deviennent moins convergens (*fig.* 213.) : ils tendoient à converger en *b*; ils ne vont converger qu'en B. Car le rayon *i h* (*fig.* 217.) tendant au point *k* de l'axe A B plus près de la ſurface réfringente *h b f* que le centre C, en s'approchant de la perpendiculaire *d* C, s'éloigne de cette ſurface, & va joindre l'axe vers *o*. *Fig.* 213. *Fig.* 217.

1324. Dans le troiſieme cas, ſavoir, celui où les rayons tendent à converger au delà du centre de la convexité du corps réfringent, les rayons deviennent plus convergens (*fig.* 214.) : ils tendoient à converger en *c*, & ils convergent en C; car le rayon *g h* (*fig.* 217.) tendant au point *l* de l'axe A B, plus éloigné de la ſurface réfringente *h b f* que ne l'eſt le centre C, en s'approchant de la perpendiculaire *d* C, ſe rapproche de cette ſurface, & va joindre l'axe en *p*, qui eſt le point où un autre rayon, venant de l'autre côté avec le même degré d'obliquité d'incidence, viendroit converger avec ce rayon *g h p*. C'eſt là le cas qui arrive le plus ordinairement. *Fig.* 214. *Fig.* 217.

1325. Si les rayons ſont divergens en arrivant à la ſurface réfringente, ils perdent pour

le moins une partie de leur divergence (*Voyez*
Fig. 215. *fig.* 215.); cela peut aller jusqu'à les rendre paralleles ou même convergens. Les rayons diver-
Fig. 218. gens *am*, *al* (*fig.* 218.), en arrivant à la surface réfringente *mbl*, ne vont point en lignes droites en *f* & en *e*, mais souffrent chacun une réfraction, qui, les approchant des perpendiculaires *e*C, *c*C, les fait aller vers *g* & *h*, & diminue leur divergence.

1326. Si en arrivant à la surface réfringente, les rayons étoient beaucoup moins divergens, tels que les rayons *dm* & *il* (ce qui est le cas le plus ordinaire), leurs réfractions les rendroient convergens vers B.

1327. Supposons maintenant que les rayons de lumiere passent du milieu dense dans un plus rare, & que ce milieu dense est encore terminé de ce côté-là par une surface convexe.

1328. Les rayons paralleles deviennent convergens. Car les rayons paralleles *de*, *gi* (*fig.*
Fig. 219. 219.), en arrivant à la surface convexe *e*D*i*, au lieu de continuer leur route en lignes droites vers *f* & *h*, vont, en s'éloignant des perpendiculaires *a*C, *b*C, converger en *k*.

1329. Les rayons convergens deviennent plus convergens. Soient les rayons *le*, *ni*, qui, sans le changement de milieu, iroient vers *m* & *o*, & de là se réunir à une assez grande distance; ils

ils vont, moyennant la réfraction qu'ils souffrent, en s'éloignant des perpendiculaires *a* C, *b* C, se réunir vers *p*.

1330. Si les rayons sont divergens, ou leur point naturel de divergence part du centre C de la convexité *e* D *i*; ou il part d'un point, comme *r*, plus près de cette convexité que le centre C de sa courbure; ou il part d'un point, comme *q*, qui en est plus éloigné.

1331. Dans le premier cas, les rayons C *a*, C *b*, ne souffrent aucune réfraction; parce qu'étant des rayons mêmes de la convexité *e* D *i*, il n'y a point d'obliquité d'incidence.

1332. Dans le second cas, les rayons *r e*, *r i*, partant du point *r*, ne vont ni vers *s* ni vers *t*; mais, en s'éloignant des perpendiculaires *a* C, *b* C, ils se portent vers *x* & *y*, & deviennent par-là plus divergens qu'ils ne l'étoient.

1333. Dans le troisieme cas, les rayons divergens *q e*, *q i*, deviennent moins divergens; car, au lieu d'aller vers *z* & *z*, ils se resserrent vers *g* & *h* en s'éloignant des perpendiculaires *a* C, *b* C. Ils peuvent devenir paralleles, ou même convergens, suivant le plus ou le moins de divergence qu'ils ont, lorsqu'ils arrivent à la surface *e* D *i*.

1334. 3°. Supposons que la surface du milieu réfringent soit concave, & que ce nouveau milieu,

dans lequel paſſe la lumiere, ſoit plus denſe que celui d'où la lumiere ſort : que ce ſoit encore de l'air & de l'eau.

1335. Les rayons paralleles deviennent divergens (*fig.* 220.); car les rayons paralleles *a b* & *d e* (*fig.* 224.), arrivant à la ſurface réfringente concave *e h b*, ſe réfractent en s'approchant des perpendiculaires *f* C, *g* C; ce qui les rend divergens.

Fig. 220.
Fig. 224.

1336. Si les rayons ſont convergens, lorſqu'ils arrivent à la ſurface réfringente concave, ils perdent, pour le moins, une partie de leur convergence (*fig.* 221.); & cela peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou même divergens; car les rayons *a b* & *d e* (*fig.* 225.), qui tendent à converger en O, deviennent moins convergens en ſe réfractant & s'approchant des perpendiculaires *f* C & *g* C; & ne ſe réuniſſent qu'en *i*. S'ils étoient moins convergens, la réfraction pourroit les rendre paralleles ou même divergens.

Fig. 221.
Fig. 225.

1337. Si les rayons ſont divergens, lorſqu'ils arrivent à la ſurface réfringente concave, ou leur point de divergence ſe trouve préciſément au centre de la concavité, ou il ſe trouve plus près de la ſurface réfringente que n'en eſt le centre, ou il s'en trouve plus éloigné.

1338. Dans le premier cas, les rayons ne ſouffrent aucune déviation; car ils n'ont point d'o-

bliquité d'incidence; puisque les rayons C*b* & C*e* (*fig.* 226.) sont des rayons de cette concavité : ils continuent donc leur route en F & en *g*, comme ils l'auroient fait sans l'interposition du milieu réfringent. *Fig.* 226.

1339. Dans le second cas, les rayons deviennent moins divergens (*fig.* 222.). Car les deux rayons divergens *kb* & *ke* (*fig.* 226.), au lieu d'aller en *d* & *k*, se rendent vers *a* & *c*, en s'approchant des perpendiculaires *f*C & *g*C. *Fig.* 222. *Fig.* 226.

1340. Dans le troisieme cas, & c'est le plus ordinaire, les rayons deviennent plus divergens (*fig.* 223.); car les rayons *lb* & *le* (*fig.* 226.) tendans en *m* & en *n*, se rendent en *i* & en *o* par la réfraction qu'ils souffrent, en s'approchant des perpendiculaires *f*C & *g*C, & deviennent, par-là, plus divergens qu'ils ne l'étoient. *Fig.* 223. *Fig.* 226.

1341. Supposons maintenant que les rayons de lumiere passent du milieu dense dans un plus rare, & que ce milieu dense est encore terminé de ce côté-là par une surface concave.

1342. Les rayons paralleles deviennent divergens. Car les rayons paralleles *de*, *gi* (*fig.* 227.) en arrivant à la surface concave *e*D*i*, au lieu de continuer leur route en lignes droites vers *f* & *h*, se portent vers *m* & *p*, en s'éloignant des perpendiculaires C*a*, C*b*, ce qui les rend divergens. *Fig.* 227.

1343. Si les rayons sont convergens, ou leur

point de convergence tend précisément au centre C de la concavité *eDi*; ou il tend à un point, comme *n*, plus près de cette concavité que n'en est le centre C de sa courbure; ou il tend à un point, comme *l*, qui en est plus éloigné.

1344. Dans le premier cas, les rayons *ae*, *bi*, ne souffrent aucune réfraction; parce qu'étant des prolongemens des rayons C*e*, C*i* de la concavité *e*D*i*, il n'y a point d'obliquité d'incidence.

1345. Dans le second cas, les rayons *qe*, *ri*, tendant à converger au point *n*, plus près de la surface concave *e*D*i* que n'est son centre C, vont, en s'éloignant des perpendiculaires C*e*, C*i*, se réunir vers *o*; ce qui les rend plus convergens qu'ils ne l'étoient.

1346. Dans le troisieme cas, les rayons deviennent, au contraire, moins convergens. Car les rayons *fe*, *ti*, qui tendent naturellement à converger au point *l*, au delà du centre C de la concavité *e*D*i*, vont, en s'éloignant des perpendiculaires C*e*, C*i*, se réunir en *k*, plus loin qu'ils ne l'auroient fait sans leur réfraction. S'ils étoient peu convergens, en arrivant à la surface concave *e*D*i*, la réfraction pourroit les rendre paralleles ou même divergens.

1347. Les rayons divergens, en arrivant à la surface concave *e*D*i*, deviennent plus divergens.

Soient les rayons E*e*, E*i* divergens du point E, qui, ſans le changement de milieu, iroient vers *u* & *x*; ils ſe portent, moyennant la réfraction qu'ils ſouffrent, en s'éloignant des perpendiculaires C*e*, C*i*, vers *y* & *z*; ce qui les rend plus divergens.

1348. Le rapport du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction eſt conſtant, quand les milieux ſont les mêmes (1286). Si la réfraction ſe fait de l'air dans le verre, ce rapport paroît plus grand que 114 à 76, mais moindre que 115 à 76, c'eſt-à-dire, à très-peu de choſe près, comme 3 à 2. Il y a, à la vérité, quelque différence dans la quantité de réfraction, ſelon les différentes eſpeces de verre; mais une très-grande préciſion n'eſt point abſolument néceſſaire.

1349. Si la réfraction ſe fait de l'air dans l'eau de pluie ou diſtillée, *Deſcartes* a trouvé que le rapport du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction, eſt comme 250 à 187, c'eſt-à-dire, à très-peu près, comme 4 à 3. *Newton* l'a fait comme 529 à 376; ce qui eſt à peu près la même choſe.

1350. Puiſque le rapport du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction, eſt, de l'air dans le verre, comme 3 à 2 (1348); & de l'air dans l'eau, comme 4 à 3: ſi la réfrac-

tion se fait d'une maniere contraire, savoir, du verre ou de l'eau dans l'air, ce rapport sera, dans le premier cas, comme 2 à 3 ; & dans le second, comme 3 à 4.

1351. Un rayon de lumiere qui tombe sur une surface courbe, soit convexe ou concave, se réfracte de la même maniere que s'il tomboit sur un plan tangent à la courbe au point d'incidence. Car la courbe & la surface plane, qui la touche, ont une portion infiniment petite commune entre elles. Donc, quand un rayon de lumiere se réfracte dans cette petite partie, c'est la même chose que s'il souffroit une réfraction dans le plan tangent.

1352. D'après ce que nous venons de dire (1309 *& suiv.*), il est aisé de rendre raison des apparences des objets vus au travers de différens milieux. Puisque des rayons divergens E*c*, E*d*
Fig. 210. (*fig.* 210.) augmentent de divergence en passant d'un milieu dense dans un plus rare, terminés par une surface plane (1317), il s'ensuit qu'ils ont leur point fictif *e* de réunion plus près que le réel E. Donc, si l'œil est placé dans le milieu rare, les objets placés dans le milieu dense lui paroîtront plus près qu'ils ne le sont. De là vient que le fond d'un bassin plein d'eau paroît élevé : & c'est ce qui fait que les poissons & autres objets, qui sont plongés dans l'eau, nous paroissent

plus près de la surface qu'ils ne le sont en effet. Et si l'objet est un peu grand, ses extrémités paroissent plus rapprochées ; ce qui le fait paroître courbe.

1353. Et comme les rayons convergens *gh*, *gh*, augmentent de convergence, en passant d'un milieu dense dans un plus rare terminés par une surface plane (1315), il s'ensuit qu'ils se réunissent plus près, comme en *k* ; & qu'ils font voir l'objet *gg* sous un angle G*k*G plus ouvert, & le font, par conséquent, juger plus grand. Aussi juge-t-on les poissons, les pierres, les plantes, &c. plus grands dans l'eau que dans l'air.

1354. Mais comme le contraire arrive lorsque les rayons passent d'un milieu rare dans un plus dense : comme, en pareil cas, les rayons divergens deviennent moins divergens (1316) ; & les convergens, moins convergens (1314), il s'ensuit que les objets, placés dans le milieu rare, doivent paroître à l'œil, placé dans le milieu dense, & plus éloignés & plus petits qu'ils ne le sont. C'est ainsi que les poissons, qui sont plongés dans l'eau, voient les objets placés dans l'air.

Des Lentilles.

1355. Les verres convexes ou les lentilles, c'est-à-dire, les corps transparens travaillés des

deux côtés en forme de ſphere, ou, ce qui eſt la même choſe, terminés de part & d'autre par une ſurface ſphérique convexe, ont la propriété de réunir les rayons de lumiere qui les traverſent: c'eſt-à-dire, qu'ils rendent convergens les rayons paralleles (1319 & 1328); qu'ils augmentent la convergence des rayons déjà convergens (1324 & 1329); & que, pour le moins, ils diminuent la divergence des rayons divergens: & cela peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou même convergens (1325 & 1333). De ſorte qu'après avoir ſouffert les deux réfractions, l'une en entrant, l'autre en ſortant du verre convexe, les rayons de toutes les eſpeces, ſoit paralleles, ſoit convergens, ſoit divergens, ſe réuniſſent en formant des angles plus ouverts, & font, par conſéquent, voir les images des objets plus grandes (1208) que les objets mêmes. Les rayons paralleles *bd*,
Fig. 228. *be* (*fig.* 228.), qui, ſans les réfractions, ne ſe réuniroient jamais, en traverſant la lentille *de*, ſe réuniſſent en *f* foyer des rayons paralleles. Les rayons convergens A*d*, *ae*, qui, ſans les réfractions, n'iroient ſe réunir qu'en *g*, en traverſant la lentille, ſe réuniſſent en *h*, en formant un angle plus ouvert. Les rayons divergens *cd*, *ce*, qui, ſans les réfractions, iroient toujours en s'écartant, en traverſant la lentille, vont ſe réunir en *g*. La portion *cc* de l'objet paroît donc ſous

l'angle A*ga*, &, par conséquent, de la grandeur A *a*, &c.

1356. L'image de l'objet paroît derriere la lentille, dans un endroit plus éloigné que celui où l'objet est placé. Cela vient de ce que les rayons de chaque faisceau, partant de chaque point de l'objet (1190), deviennent, par les réfractions, moins divergens (1325), & ont, par-là, leur point fictif de réunion plus éloigné. Le point F (*fig.* 229.), vu au travers de la lentille *m n*, paroît donc en *f*. *Fig.* 229.

1357. Mais pour que l'image de l'objet soit vue derriere la lentille, il faut que l'objet soit placé plus près de la lentille que le foyer *f* (*fig.* 228.) des rayons paralleles; car si l'objet étoit en *l* (*fig.* 229.), plus loin que le foyer des rayons paralleles, les rayons de chaque faisceau, en arrivant à la surface *m* de la lentille, étant trop peu divergens, deviendroient, en la traversant, paralleles ou même convergens (1326), & n'auroient pas de point fictif de réunion : on ne verroit donc pas l'image derriere la lentille. *Fig.* 228. *Fig.* 229.

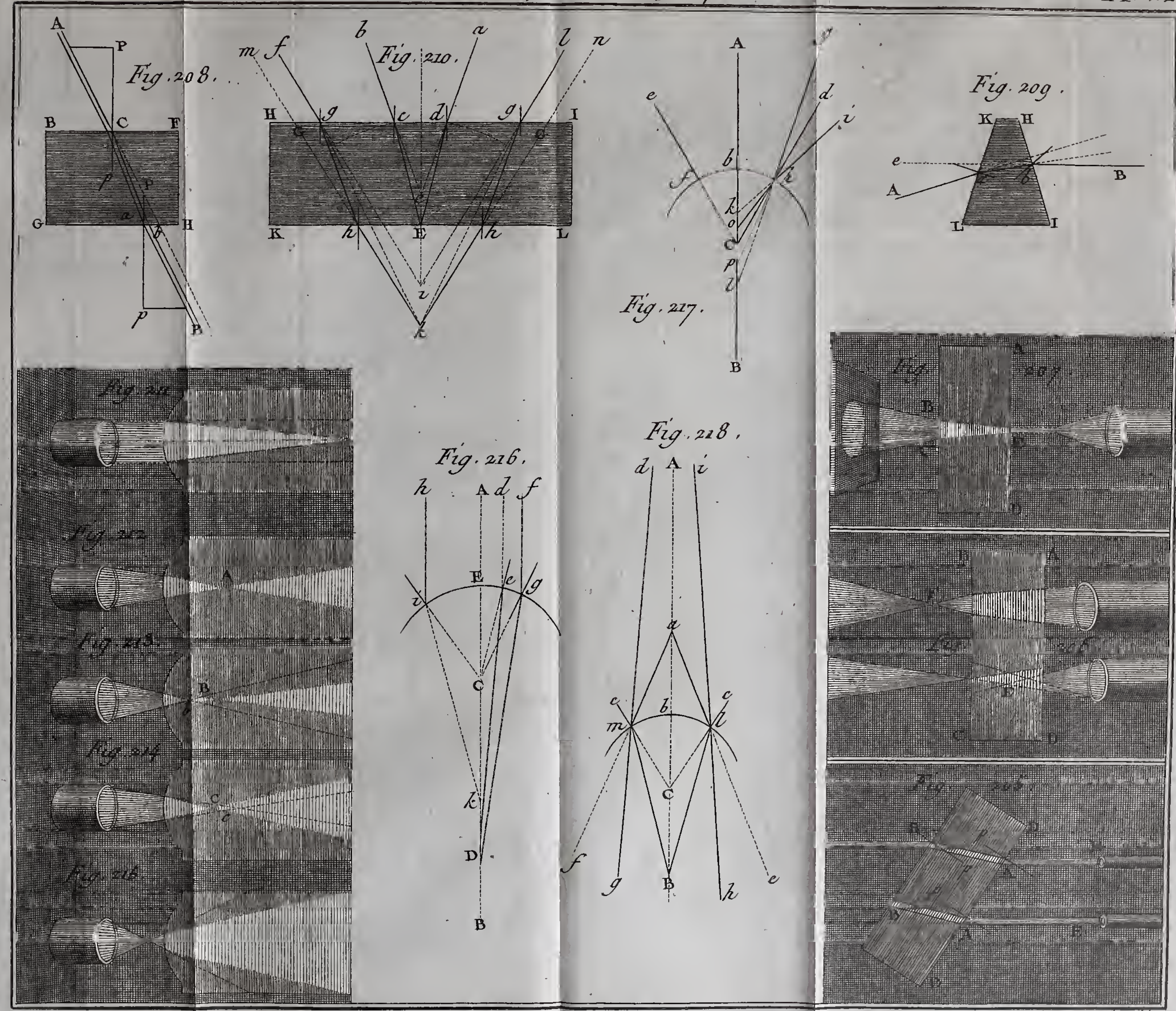
1358. Mais si ces rayons deviennent convergens, cette image peut se faire voir en deçà de la lentille, entre la lentille & l'œil. Supposons C (*fig.* 230.) le foyer des rayons paralleles de la lentille *m n*, & un objet placé au-de là en A B : les faisceaux de rayons A *n*, B *m*, partant de *Fig.* 230.

chaque point, étant trop peu divergens en arrivant à la lentille, deviennent convergens en la traverſant, & vont tracer en *ab* une image renverſée, qui peut être apperçue par un œil placé en D, c'eſt-à-dire, au point où les rayons, après avoir tracé l'image en ſe croiſant, ont repris le degré de divergence convenable, & où tous les faiſceaux, venant de chaque point, peuvent converger au même œil.

1359. Cette image eſt néceſſairement renverſée; parce qu'il n'y a que des faiſceaux de rayons qui ſe ſoient croiſés entre l'objet & la lentille, qui puiſſent enſuite converger au même œil.

1360. C'eſt cette propriété des lentilles, de former au devant d'elles des images des objets éloignés, qui eſt le principe ſur lequel eſt fondée la conſtruction des téleſcopes dioptriques, comme nous le verrons ci-après (1574): car, dans un tel téleſcope, ce ſont ces images, & non pas les corps, qui ſont l'objet immédiat de la viſion.

1361. Les lentilles font entrer dans l'œil des rayons qui n'y entreroient pas ſans elles; parce qu'elles rendent la lumiere moins divergente (1355). Par cette raiſon, ces verres nous font voir les objets avec plus de clarté: mais, d'un autre côté, il y a beaucoup de rayons réfléchis ou éparpillés en entrant, en ſortant, & dans l'épaiſſeur du verre: ce qui diminue quelquefois plus



Benard Direxit

la clarté, que la réunion des rayons ne l'augmente.

1362. Ce qu'on regarde au travers d'une lentille, paroît souvent difforme. C'est ce qui arrive sur-tout quand l'objet est grand, & la lentille fort convexe : car alors les effets de la réfraction ne sont pas égaux pour tous les points, à cause de la différence d'obliquité d'incidence pour chaque rayon (1283), qui naît de la courbure de la surface ; & parce que les différens points de l'objet, étant placés à différentes distances de cette surface (1251), les rayons qui en partent, y arrivent avec différens degrés de divergence, ceux qui partent de plus loin étant moins divergens (1188). Les mêmes causes peuvent faire voir confusément certaines parties de l'objet, tandis que d'autres se voient distinctement. Cela s'apperçoit sur-tout aux extrémités de l'image, quand les lentilles sont d'un foyer fort court; parce que les réfractions des bords de la lentille ne concourent pas avec celles du milieu.

1363. Aussi la courbure sphérique que l'on donne à toutes les lentilles, n'est-elle pas la plus propre à faire converger les rayons dans le plus petit espace. Si l'on présente un plan à l'endroit où les rayons se croisent, on observe qu'ils forment là un petit cercle, qui a d'autant plus de largeur, que la surface sphérique, qui reçoit les rayons incidens, est elle-même plus large :

& c'eſt ce qu'on appelle *Aberration de ſphéricité:* la courbure parabolique ou hyperbolique ſeroit plus propre à réunir les rayons; mais elle ſeroit trop difficile à obtenir de l'adreſſe des ouvriers: encore avec elle ne réuſſiroit-on pas, puiſque tous les rayons de lumiere ne ſont pas également réfrangibles, comme nous le verrons dans la ſuite (1395, 1424).

1364. Puiſque les rayons qui paſſent par les bords de la lentille, ne concourent pas avec ceux qui paſſent vers l'axe (1362), on fait en ſorte de ne pas avoir affaire à tous à la fois, à moins que la lentille ne ſoit achromatique (1647); on couvre donc ordinairement les bords de la lentille, parce que ce ſont les rayons qui paſſent vers ſon axe, qui forment l'image la plus nette & la mieux terminée. Il y a donc une grande différence entre les effets des lentilles, relativement à l'Optique, où l'on choiſit les rayons qui paſſent vers l'axe, & leurs effets relativement au pouvoir d'embraſer les corps; auquel cas ce ſont les rayons des bords qui produiſent le plus d'effet (1122), & qu'il faut chercher à ſe procurer.

Des Verres concaves.

1365. Les verres concaves, c'eſt-à-dire, ceux qui ſont terminés de part & d'autre par une ſurface ſphérique concave, ont la propriété de diſperſer les rayons de lumiere qui les traverſent;

c'eſt-à-dire, qu'ils rendent divergens les rayons paralleles (1335 & 1342); qu'ils augmentent la divergence des rayons déjà divergens (1340 & 1347); & qu'ils diminuent, pour le moins, la convergence des rayons convergens; & cela peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou même divergens (1336 & 1346) : & cela arrive dans tous les cas, après qu'ils ont ſouffert les deux réfractions, l'une en entrant, & l'autre en ſortant du verre concave. Auſſi ces verres produiſent-ils trois effets remarquables.

1366. 1°. Ils font voir les objets plus petits qu'ils ne ſont : car les rayons A*d*, B*e*, (*fig.* 231.), partant des extrémités de l'objet AB, & qui, ſans l'interpoſition du verre concave CGHE, iroient ſe réunir en D, ne vont, après les deux réfractions qu'ils ſouffrent en traverſant le verre, ſe réunir qu'en F; & font, par conſéquent, voir l'objet AB ſous l'angle *a*F*b*, plus petit que l'angle AFB, ſous lequel l'objet ſeroit vu, s'il n'y avoit point de verre. Il eſt vrai qu'il y a des cas où, après la premiere réfraction en *d* & en *e*, ils peuvent conſerver un degré de convergence qui tende à les réunir plus près du verre que le centre de la concavité GIH (1343); alors la ſeconde réfraction ſe feroit en ſens contraire de la premiere, & tendroit à les rendre plus convergens (1345) : mais comme l'incidence *Fig.* 231.

des rayons en *f* & en *g* ne peut jamais être aussi oblique qu'en *d* & en *e*, la seconde réfraction est nécessairement plus foible que la premiere, &, par conséquent, incapable de la compenser. D'où il suit que, dans tous les cas, l'image doit paroître plus petite que n'est l'objet.

1367. 2°. Ils font voir l'objet plus près qu'à la vue simple. Nous jugeons la distance d'un objet A (*fig.* 232.) au point de réunion, vrai ou fictif, des rayons divergens qui composent les faisceaux venant de chaque point de l'objet (1191) : mais ces rayons divergens deviennent plus divergens, en traversant le verre concave (1340 & 1347); leur point de réunion fictif est donc plus près, comme en *a*. Si les rayons, dans leur incidence sur le verre concave, conservent leur divergence (1338), parce que leur point de divergence est au centre de la concavité; ou en perdent une partie (1339), comme le font les rayons B*b*, B*c* (*fig.* 233.), la réfraction qu'ils souffrent en *d* & en *f*, en sortant de ce verre (1347), se faisant en sens contraire de la premiere, & étant plus grande, à cause de la plus grande obliquité d'incidence (1283), fait plus que compenser cette perte, & les rend plus divergens qu'ils ne l'étoient : l'image est donc vue en *k*, & par conséquent rapprochée.

Fig. 232. Fig. 233.

1368. 3°. Ils font voir l'objet avec moins de

clarté, parce que la divergence de la lumiere eſt augmentée (1365). Il n'en entre donc pas dans la prunelle autant qu'il en entreroit ſans cela. Tous ces verres ont un foyer virtuel, qui, ſi le verre eſt concave des deux côtés, ſe trouve à une diſtance du verre égale à la moitié des deux rayons des deux concavités, pris enſemble. Mais ſi le verre n'eſt concave que d'un côté & plan de l'autre, ſon foyer virtuel eſt à une diſtance égale au diametre de ſa concavité.

Des Couleurs.

1369. Les couleurs ſont des propriétés des différentes parties de la lumiere ſéparées les unes des autres par réfraction, réflexion, ou autrement, par leſquelles elles excitent en nous différentes ſenſations, ſuivant la différence de leur degré de réfrangibilité, & ſuivant la grandeur, la figure, & peut-être le degré de vîteſſe du mouvement de leurs particules, lorſqu'elles viennent faire leur impreſſion ſur l'organe deſtiné à nous les faire appercevoir.

1370. Il y a de grandes différences d'opinions ſur les couleurs entre les Anciens & les Modernes, & même entre les différentes ſectes des Phyſiciens actuels. Suivant l'opinion d'*Ariſtote*, qui étoit celle qu'on ſuivoit autrefois, on regardoit la couleur comme une qualité réſidente

dans les corps colorés, & indépendante de la lumiere : ce qui ne peut pas être, comme nous l'allons voir.

1371. Les Cartésiens, n'ayant pas été satisfaits de cette opinion, ont dit que, puisque le corps coloré n'étoit pas appliqué immédiatement à l'organe de la vue pour produire la sensation de la couleur, & qu'aucun corps ne sçauroit agir sur nos sens que par un contact immédiat, il falloit donc que les corps colorés ne contribuassent à la sensation de la couleur que par le moyen de quelque milieu, lequel étant mis en mouvement par leur action, transmettoit cette action jusqu'à l'organe de la vue. Ils ont ajouté que, puisque les corps n'affectent point l'organe de la vue dans l'obscurité, il faut que le sentiment de la couleur soit seulement occasionné par la lumiere, qui met l'organe en mouvement; & que les corps colorés ne doivent être considérés que comme des corps qui réfléchissent la lumiere avec certaines modifications; la différence des couleurs venant de la différente texture des parties des corps, qui les rend propres à donner telle ou telle modification à la lumiere, ainsi que de la différence du mouvement des particules mêmes de la lumiere.

1372. Mais c'est sur-tout à *Newton* que nous devons la vraie théorie des couleurs, celle qui est fondée

Fig. 219.

Fig. 224.

Fig. 225.

Fig. 226.

Fig. 227.

Fig. 228.

Fig. 229.

Fig. 230.

Fig. 223

Fig. 222

Fig. 221

Fig. 220

Benard Direxit.

fondée sur des expériences sûres, & qui donne l'explication de tous les phénomenes. Voici en quoi consiste cette théorie.

Théorie des Couleurs.

1373. L'expérience fait juger que les rayons de lumiere sont composés de particules dont les masses sont différentes entre elles : du moins quelques-unes de ces particules ont, comme on ne sçauroit guere en douter, plus de grosseur & plus de force que les autres ; &, par-là, sont plus capables de conserver leur vîtesse, & d'être, en conséquence, moins détournées de leur direction naturelle ; car lorsqu'on reçoit dans une chambre obscure un rayon de lumiere S (*fig.* 234.) sur un corps réfringent D, ce rayon ne se réfracte pas tout entier en un point M, mais il se divise & se répand, pour ainsi dire, en plusieurs autres rayons, dont les uns sont réfractés jusqu'en M, & les autres depuis M jusqu'en N : en sorte que les particules qui ont le moins de force, sont celles que l'action du corps réfringent D détourne le plus de leur chemin rectiligne *o* I pour aller vers M ; & que les autres, à mesure qu'elles ont plus de force, se détournent moins & passent plus près de N, en s'éloignant moins de leur direction naturelle *o* I. *Fig.* 234.

1374. De plus, les rayons de lumiere qui

different le plus en réfrangibilité les uns des autres, ſont auſſi ceux qui different le plus en couleur : c'eſt une vérité reconnue par une infinité d'expériences. Les particules les plus réfractées, par exemple, ſont celles qui forment les rayons violets, & cela, ſelon toute apparence, à cauſe que ces particules ayant le moins de force, ſont auſſi celles qui ébranlent le moins l'organe de la vue, y excitent les moindres vibrations, & nous affectent, par conſéquent, de la ſenſation de couleur la moins forte & la moins vive, telle qu'eſt le violet. Au contraire, les particules qui ſe réfractent le moins, conſtituent les rayons de la couleur rouge ; parce que ces particules ayant le plus de force, frappent l'organe avec le plus d'énergie, excitent les vibrations les plus ſenſibles, & nous affectent de la ſenſation de la couleur la plus vive, telle qu'eſt la couleur rouge.

1375. Les autres particules étant ſéparées de la même maniere, & agiſſant ſuivant leurs forces reſpectives, produiront, par les différentes vibrations qu'elles exciteront, les différentes ſenſations des couleurs intermédiaires ; ainſi que les particules de l'air excitent, ſuivant leurs différentes vibrations reſpectives, les différentes ſenſations des ſons (1024).

1376. Les couleurs des rayons, ainſi ſéparées,

ne doivent pas être regardées comme de simples modifications accidentelles de ces parties de rayons, mais comme des propriétés qui leur sont nécessairement attachées, & qui consistent, suivant toutes les apparences, dans la masse, la grandeur, &, par conséquent, la force de leurs particules. Elles doivent donc être immuables & inséparables de ces rayons; c'est-à-dire, que ces couleurs ne sçauroient s'altérer par aucune réfraction ou réflexion. Or c'est ce que l'expérience confirme d'une maniere sensible : car quelque effort qu'on ait fait pour séparer, par de nouvelles réfractions, un rayon coloré & homogene quelconque, donné par le prisme, on n'a pas pu y réussir.

1377. Il est vrai qu'on fait quelquefois des décompositions apparentes de couleurs; mais ce ne sont que des couleurs qu'on a formées en réunissant des rayons de différentes couleurs : & il n'est pas étonnant alors que la réfraction fasse retrouver les rayons qu'on avoit employés pour former cette couleur.

1378. On peut donc dire qu'il y a deux sortes de couleurs; les unes primitives, homogenes & simples, produites par la lumiere homogene, ou par les rayons qui ont le même degré de réfrangibilité, & qui sont composées de parties de même masse & de même force; telles sont

le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *vert*, le *bleu*, l'*indigo*, le *violet*, & toutes leurs nuances : les autres, ſecondaires, hétérogenes, compoſées des premieres, ou du mélange de rayons de différentes réfrangibilités.

1379. On peut produire, par la voie de la compoſition, des couleurs ſecondaires ſemblables aux couleurs primitives quant au ton ou à la nuance de la couleur, mais non par rapport à la permanence ou à l'immutabilité. On forme de cette maniere de l'orangé avec du rouge & du jaune, du vert avec du jaune & du bleu, de l'indigo avec du bleu & du violet ; & en général avec deux couleurs qui ne ſoient pas éloignées l'une de l'autre. Mais plus une couleur eſt compoſée, moins elle eſt vive & parfaite ; & en la compoſant de plus en plus, on parvient à l'éteindre entiérement.

1380. Par le moyen de la compoſition, on peut parvenir auſſi à former des couleurs, qui ne reſſemblent à aucune de celles de la lumiere homogene. Mais l'effet le plus ſingulier que peut donner la compoſition avec les couleurs primitives, c'eſt de produire le blanc ou le brillant de la lumiere ſolaire : il ſe forme en employant, à un certain degré, des rayons de toutes les couleurs primitives. C'eſt ce qui fait que la couleur ordinaire de la lumiere eſt le blanc, à cauſe

qu'elle n'eſt autre choſe que l'aſſemblage des rayons de toutes les couleurs mêlées & fondues enſemble.

1381. Les rayons du ſoleil traverſant un priſme triangulaire D (*fig.* 234.), donnent ſur la muraille oppoſée une image de différentes couleurs M N, qui ſont le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo & le violet. La raiſon en eſt, que les rayons différemment colorés ſont ſéparés les uns des autres par la réfraction (1373). *Fig.* 234.

1382. L'image colorée n'eſt pas ronde, mais oblongue & arrondie aux deux extrémités ; ſa longueur égalant environ cinq fois ſa largeur, lorſque l'angle du priſme eſt d'environ 60 ou 65 degrés. La raiſon en eſt, que cette image eſt formée par toutes les images circulaires que donne chaque eſpece différente de rayons, & qui anticipent les unes ſur les autres, ſuivant la force de la réfrangibilité de ces rayons.

1383. Les rayons qui donnent le jaune, ſont plus détournés de leur chemin rectiligne que ceux qui donnent le rouge ; ceux qui donnent le vert, plus que ceux qui donnent le jaune, & ainſi de ſuite juſqu'à ceux qui donnent le violet, qui ſont les plus détournés de tous.

1384. En conſéquence de ce principe, ſi l'on fait tourner autour de ſon axe le priſme ſur le-

quel tombent les rayons ſolaires, de maniere que le rouge, l'orangé, le jaune, &c. tombent ſucceſſivement ſur un autre priſme fixe, placé à une certaine diſtance du premier, comme, par exemple, 12 pieds; & que les rayons de ces différentes couleurs aient auparavant paſſé, l'un après l'autre, par une ouverture placée entre les deux priſmes; les rayons rompus que fourniront ces différens rayons, ne ſe projetteront pas tous à la même place, mais les uns au deſſus des autres, ſi l'angle réfringent eſt en en-bas; parce qu'étant plus réfrangibles les uns que les autres, ils ſont plus rompus par le ſecond priſme, comme ils l'ont été par le premier.

1385. Cette expérience ſimple, & néanmoins déciſive, eſt celle par laquelle *Newton* leva toutes les difficultés dans leſquelles les premieres l'avoient jeté, & qui l'a entiérement convaincu de la correſpondance qui eſt entre la couleur & la réfrangibilité des rayons de lumiere.

1386. Les couleurs des rayons ſéparés par le priſme, ne ſçauroient changer de nature ni ſe détruire, quoique ces rayons paſſent par un milieu éclairé, qu'ils ſe croiſent les uns les autres (1206), qu'ils ſe trouvent voiſins d'une ombre épaiſſe, qu'ils ſoient réfléchis ou rompus d'une maniere quelconque; d'où l'on voit que les couleurs ne ſont pas des modifications dues

à la réfraction ou à la réflexion, mais des propriétés immuables & attachées à la nature des rayons.

1387. Si, par le moyen d'un verre lenticulaire ou d'un miroir concave, on vient à réunir tous les différens rayons colorés que donne le prisme, on forme le blanc. Cependant ces mêmes rayons qui, tous rassemblés, ont formé le blanc, donnent, après le point de leur réunion, c'est-à-dire, au delà du point où ils se croisent, les mêmes couleurs que celles qu'ils donnoient en sortant du prisme, mais dans un ordre renversé, à cause du croisement des rayons. La raison en est claire; car le rayon étant blanc avant d'être divisé par le moyen du prisme, doit l'être encore par la réunion de ses parties, que la différence de réfrangibilité avoit écartées les unes des autres; & cette réunion ne peut, en aucune maniere, tendre à détruire ou à altérer la nature des couleurs : elles doivent donc reparoître après le point de croisement.

1388. De même si on mêle, dans une certaine proportion, de la couleur rouge avec de l'orangé, du jaune, du vert, du bleu, de l'indigo & du violet, on formera une couleur composée, qui sera blanchâtre (c'est-à-dire, à peu près semblable à celle qu'on forme en mêlant un peu de noir avec du blanc), & qui seroit entiérement

blanche, s'il ne ſe perdoit & ne s'abſorboit pas quelques portions de ces couleurs.

1389. On forme encore une couleur approchante du blanc, en teignant un rond de carton de ces différentes couleurs, & en le faiſant tourner aſſez rapidement pour qu'on ne puiſſe diſtinguer aucune des couleurs en particulier.

1390. Si à un rayon ſolaire diviſé par le priſme (1381), & qui forme alors une image colorée oblongue (1382), on préſente un verre épais teint d'une des couleurs primitives & un peu foncée, par exemple, un verre rouge; il ne paſſera au travers de ce verre que de la couleur rouge, qui formera une image ronde.

1391. Si l'on applique l'un ſur l'autre deux verres épais & colorés, l'un en rouge & l'autre en vert, ils produiront une opacité parfaite; quoique chacun d'eux, pris ſéparément, ſoit tranſparent; parce que l'un d'eux ne laiſſant paſſer que les rayons rouges, & l'autre que les rayons verts, il n'en peut arriver aucun à l'œil, lorſque ces deux verres ſont réunis; car le premier ne laiſſant paſſer, par exemple, que des rouges, le ſecond n'en reçoit point de verts, qui ſont les ſeuls qu'il puiſſe tranſmettre.

1392. Si l'on fait tomber fort obliquement les rayons du ſoleil ſur la ſurface intérieure d'un priſme, les rayons violets ſe réfléchiront,

& les rouges, &c. seront transmis : si l'on augmente l'obliquité d'incidence, les bleus seront aussi réfléchis, & les autres transmis ; ce qui vient de ce que les rayons qui ont le plus de réfrangibilité, sont aussi ceux qui se réfléchissent le plus facilement.

1393. Si deux prismes sont placés de maniere que le rouge de l'une des images & le jaune de l'autre tombent sur une même partie d'un plan, l'image paroîtra orangée : si l'on fait tomber sur le même point le jaune de l'une & le bleu de l'autre, l'image paroîtra verte, &c. Mais si l'on regarde ces images au travers d'un troisieme prisme, la réfraction en séparera en partie les couleurs ; de maniere que la premiere sera rouge à une extrémité, jaune à l'autre, & orangée au milieu : la seconde sera jaune à une extrémité, bleue à l'autre, & verte au milieu ; ce qui vient de ce que les deux couleurs, dont chaque image est composée, ont des degrés différens de réfrangibilité (1377).

1394. Tous les corps, mais principalement ceux qui sont blancs, étant regardés au travers d'un prisme, paroissent comme bordés, parallélement à la longueur du prisme, d'un côté de rouge & de jaune, & de l'autre de bleu & de violet. Ces bordures sont les extrémités d'autant d'images de l'objet, qu'il y a de différentes cou-

leurs dans la lumiere, & qui ne tombent pas toutes dans le même lieu, à cauſe des différentes réfrangibilités des rayons.

1395. Lorſque les rayons qui traverſent une lentille convexe (1319 & 1329), ſont reçus ſur un plan avant qu'ils ſoient réunis au foyer, les bords de la lumiere paroiſſent rougeâtres; mais ſi l'on y reçoit ces rayons après leur réunion, les bords paroiſſent bleuâtres; car les rayons rouges étant moins réfractés (1383), doivent ſe réunir le plus loin, &, par conſéquent, être le plus près des bords, lorſqu'on place le plan avant le foyer; au lieu qu'après le foyer, ce ſont, au contraire, les rayons bleus, réunis les premiers, qui doivent alors renfermer les autres, & être vers les bords (1425).

1396. L'étendue proportionnelle des ſept intervalles qui contiennent les ſept couleurs de l'image (1381), répond à peu près à l'étendue proportionnelle des ſept tons de la Muſique : c'eſt un phénomene ſingulier; mais il faut bien ſe donner de garde d'en conclure qu'il y ait aucune analogie entre les ſenſations des couleurs & celles des tons. Car, non ſeulement cette proportion n'eſt pas exacte, mais de plus elle eſt différente, ſuivant les différences qui ſe trouvent dans la nature & la denſité des verres dont les priſmes ſont faits.

Cette Théorie de *Newton* ſur les couleurs eſt fondée ſur une belle ſuite d'expériences qu'il a faites, & dont voici les principales.

Expériences ſur leſquelles eſt fondée la Théorie des Coùleurs.

1397. Si, par le moyen d'un tuyau T (*fig.* 234.), placé au volet d'une fenêtre, on fait entrer, dans une chambre obſcure, un rayon ſolaire S I, il va former, ſur la muraille oppoſée, ou ſur un plan blanc qu'on lui préſente, une image circulaire I ſimplement lumineuſe, & qui n'a pas plus de couleur que la lumiere du ſoleil. *Fig.* 234.

1398. Mais ſi à ce même rayon ſolaire on préſente l'angle D d'un priſme, auſſi-tôt il ſe releve dans une ſituation à peu près horizontale P M, avec les circonſtances ſuivantes. 1°. Ce rayon paroît dilaté en forme d'éventail (1373), & forme, ſur le plan K L, une image longue M N, arrondie par les extrémités (1382), & dont les côtés ſont ſenſiblement rectilignes.

1399. 2°. La largeur de cette image égale le diametre du cercle lumineux que le rayon ſolaire marqueroit en I, ſans la rencontre du priſme (1397); d'où l'on doit conclure que le rayon n'eſt dilaté que dans un ſens (1373).

1400. 3°. Cette lumiere réfractée paroît, de-

puis le prisme jusqu'au plan KL, par bandes diversement colorées (1374); & l'image MN, qui en est formée, porte les mêmes couleurs dans l'ordre qui suit, de bas en haut: rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet (1378 & 1381).

1401. Ceci doit faire penser que la lumiere est un fluide composé de parties essentiellement différentes; 1°. par le degré de réfrangibilité; 2°. par la propriété d'exciter en nous la sensation de différentes couleurs. C'est aussi la conséquence qu'en a tirée *Newton*.

1402. De ces deux différences doivent résulter les effets dont nous venons de parler; 1°. une image plus longue que large (1382 & 1399); parce que le rayon n'est dilaté que dans un sens.

1403. 2°. Une image arrondie par les extrémités (1382); ce qui vient de ce qu'elle est formée par un nombre indéfini d'images circulaires (1390), qui anticipent les unes sur les autres (1382), & dont le très-grand nombre fait que les côtés sont sensiblement rectilignes.

1404. 3°. Que les couleurs qu'on remarque dans l'image MN, résident véritablement dans la lumiere; puisqu'on les voit par bandes, depuis le prisme jusqu'au plan KL.

1405. 4°. Que les rayons, une fois démêlés,

paroiſſent chacun ſous leur couleur propre, dont ſe teignent les objets qu'ils éclairent.

1406. Il y a donc dans la lumiere ſept eſpeces de rayons (1378), capables de nous faire ſentir autant de couleurs, ſans compter tous ceux qui fourniſſent toutes les nuances intermédiaires, & qui ſont dans un nombre indéfini.

1407. Il eſt aiſé de s'aſſurer que ces apparences ne ſont pas des modifications accidentelles, mais des propriétés inhérentes & conſtantes dans la lumiere (1376). Qu'au rayon déjà réfracté, comme nous venons de le dire (1398), on préſente un autre priſme AB (*fig.* 235.), mais ſitué en ſens contraire du premier; c'eſt-à-dire, que ſon axe faſſe angle droit avec l'axe du premier. Si tous ces effets n'étoient cauſés que par une modification de la lumiere produite par le priſme, le ſecond devroit faire en largeur ce que le premier a fait en longueur; d'où devroit réſulter une image quarrée M*m*N*n*: c'eſt pourtant ce qui n'arrive pas. L'image n'eſt qu'inclinée, comme MN; & elle demeure conſtamment de la même largeur, & les couleurs ſont toujours les mêmes, & ſemblablement ſituées reſpectivement les unes aux autres. L'inclinaiſon de l'image, qui eſt le ſeul changement qu'il y ait dans ce cas-là, vient de ce que les rayons qui ont été les plus rompus par le premier *Fig.* 235.

prisme, le sont encore le plus par le second AB. Ces rayons conservent donc constamment leur degré de réfrangibilité, ainsi que leurs couleurs propres, lesquelles sont inaltérables, & appartiennent inséparablement aux rayons qui les portent.

1408. On peut se procurer le plaisir de voir successivement tous les cercles colorés dont l'image est formée, en présentant, au rayon réfracté, des verres colorés des couleurs mêmes de l'image, assez épais & foncés en couleur (1390). Comme chacun de ces verres ne laisse passer que l'espece de lumiere dont la couleur est analogue à sa transparence, au lieu d'une image longue, on n'a, à chaque épreuve, qu'une image ronde, mais uniformément colorée, & dont le diametre égale celui du cercle lumineux qui n'auroit éprouvé aucune réfraction. Pour avoir une image bien ronde, il faut, avant de présenter le verre coloré au rayon réfracté, faire tourner le prisme sur son axe, jusqu'à ce que l'image cesse de descendre pour commencer à monter.

1409. Comme ces verres colorés laissent quelquefois passer d'autres couleurs que celles qui leur sont analogues, parce qu'ils ont trop peu d'épaisseur ou que leur couleur n'est pas assez foncée; on sera plus sûr de voir successivement tous les cercles colorés, en faisant l'expérience suivante.

Après avoir réfracté le rayon de lumiere par le prisme SVT (*fig.* 238.), qu'on présente au rayon réfracté, à quelque distance l'une de l'autre, deux planches PQ, *pq*, percées chacune d'un petit trou X, *x*; &, après la seconde planche *pq*, un second prisme *sut* placé en même sens que le premier. Si l'on fait tourner le premier prisme SVT sur son axe (1384), & qu'on fasse successivement passer tous les rayons réfractés par les trous X, *x*, & par le prisme *sut*, on verra autant d'images rondes, chacune de la couleur du rayon qui la produit: &, en les recevant sur un carton Y*y*, on remarquera que la jaune va se placer plus haut que la rouge; que la verte se place plus haut que la jaune; & ainsi des autres jusqu'à la violette, qui se place le plus haut de toutes (1383); parce que ces couleurs sont plus rompues par ce second prisme, dans le même rapport dans lequel elles ont été plus rompues par le premier. *Fig.* 238.

1410. Si, au rayon déjà réfracté PMN (*fig.* 234.), on présente différens miroirs, ils ne changeront rien, ni aux couleurs, ni à leurs positions respectives (1376 & 1386): le miroir plan les réfléchit telles qu'elles sont; le miroir convexe affoiblit l'intensité des couleurs, en amplifiant l'image; le miroir concave resserre l'image jusqu'à son foyer, après quoi il la ren- *Fig.* 234.

verſe & l'agrandit, en diminuant ſon éclat ; le miroir cylindrique donne à l'image l'apparence d'un arc-en-ciel. Mais dans tous ces changemens les couleurs ſe conſervent les mêmes, & gardent toujours leurs poſitions reſpectives. Donc les rayons de lumiere ont des degrés de réfrangibilité & des couleurs inaltérables.

1411. *Newton* a auſſi remarqué que les rayons les plus réfrangibles ſont auſſi les plus réflexibles; c'eſt-à-dire, qu'ils ſe réfléchiſſent plus tôt (1392). En effet, ſi l'on reçoit un rayon de lumiere ſur
Fig. 239. un des petits côtés K I (*fig.* 239.) d'un priſme rectangulaire L K I, & que ce rayon faſſe avec la baſe L I du priſme un angle d'un peu moins de 50 dégrés, une partie de ce rayon ne ſe réfracte ſenſiblement qu'en ſortant en M, & va former une image colorée ſur le carton N N; car à ſon entrée par le côté K I il n'a preſque point d'obliquité d'incidence (1280) : l'autre partie du rayon ſe réfléchit en droite ligne vers O (1236), où l'on place un autre priſme T X V, dont l'angle refringent X doit être au moins de 55 degrés ; & cette portion de lumiere, en ſe réfractant dans ce priſme, va former une ſeconde image colorée ſur le carton P P. Si l'on fait tourner le premier priſme L K I ſur ſon axe (1392), de façon que le rayon incident T M faſſe, avec ſa baſe L I, un angle d'environ 45 degrés,

degrés, la lumiere de la premiere image QRS commence à se réfléchir vers l'autre prisme; mais les rayons violets & les bleus Q disparoissent les premiers, & vont, après avoir passé par le second prisme, augmenter l'éclat de ces mêmes couleurs *q* dans la seconde image *qrs*; ensuite disparoissent de même, de la premiere image QRS, les verts, les jaunes, les orangés, & enfin les rouges, qui se réfléchissent les derniers.

1412. Tous les rayons ne sont donc pas également réflexibles; & puisque les violets & les bleus, qui sont les plus réfrangibles (1374), sont aussi les plus réflexibles (1411); donc la lumiere est composée de parties hétérogenes, dont les plus réfrangibles sont aussi les plus réflexibles.

1413. Si, pour chaque couleur, les degrés de réfrangibilité & de réflexibilité sont inaltérables, les couleurs de chaque rayon sont pareillement invariables (1376). Pour s'en convaincre, il faut soumettre aux épreuves suivantes un rayon bien homogene : & pour se le procurer, il faut choisir le rouge ou le violet qui occupent les deux extrémités de l'image; car cette image EF (*fig.* 240.) résulte d'une suite de cercles de diverses couleurs, qui anticipent les uns sur les autres (1403): il n'y a donc que les deux extré- *Fig.* 240.

mités qui puiſſent fournir une couleur pure. Supposons donc qu'on choiſit le rayon rouge.

1414. 1°. On fait paſſer ce rayon par l'angle d'un priſme. L'image de ce rayon, réfracté par le priſme, demeure ronde & d'une couleur uniforme; car tous les filets qui la fourniſſent ſont également réfrangibles, puiſqu'ils ſont de la même couleur. Il n'en feroit pas de même, ſi c'étoit un rayon ſolaire (1398 & *ſuiv.*).

1415. 2°. On fait paſſer ce rayon par une lentille de 7 à 8 pouces de foyer; ce rayon forme au foyer deux cônes oppoſés par leur ſommet, mais qui ſont de la même couleur dans toute leur étendue. Donc la condenſation & la dilatation ne changent rien à la couleur.

1416. 3°. On préſente à ce rayon un verre épais d'une autre couleur. Ou il ne laiſſe rien paſſer, ou s'il en tranſmet une partie, la portion qui le traverſe demeure rouge. Donc la couleur n'eſt point modifiée par le verre (1376).

1417. 4°. On réfléchit ce rayon par des miroirs de différentes formes. Ces miroirs ne font, tout au plus, qu'étendre ou reſſerrer cette lumiere, ſans rien changer à ſa couleur (1410). Donc cette couleur tient à la nature de la lumiere.

1418. 5°. On fait tomber ce rayon ſur des corps différemment colorés. Ce rayon teint, de

ſa couleur propre, toutes les ſurfaces qu'il éclaire, de quelque nature qu'elles ſoient. Donc les couleurs appartiennent à la lumiere, & elles ſont inaltérables & à toute épreuve (1404 & 1405).

1419. *Newton*, pour éprouver toutes les couleurs les unes après les autres, s'y eſt pris de la maniere ſuivante. Il a reçu le rayon de lumiere ſolaire ſur une lentille A B (*fig.* 241.), placée à 10 ou 12 pieds de diſtance du trou de la fenêtre par lequel entroit le rayon. Derriere cette lentille, au lieu d'un cercle lumineux *a b c d*, il ſe forme un cône dont le ſommet eſt en *g*. Mais en plaçant, immédiatement après cette lentille, un priſme C D, la lumiere eſt réfractée en *e f*, en autant de cônes qu'il y a d'eſpeces différentes de couleurs dans la lumiere; ce qui donne une image *e f* longue & étroite, dans laquelle les couleurs ſont beaucoup plus diſtinctes qu'à l'ordinaire. Car, dans l'image étroite *e f* (*fig.* 240), les centres des cercles colorés ſont auſſi diſtans les uns des autres, qu'ils le ſont dans l'image large E F; & comme ils ont un diametre beaucoup moindre, ils anticipent auſſi beaucoup moins les uns ſur les autres; d'où il ſuit que les couleurs y ſont fort peu mêlées, & beaucoup plus diſtinctes. C'eſt de ces rayons colorés, ainſi ſéparés, dont *Newton* s'eſt ſervi, pour les éprouver tous, les uns après les autres.

Fig. 241.

Fig. 240.

1420. Pour bien réussir dans cette expérience, il faut que la chambre soit bien obscure ; que le prisme & la lentille soient bien travaillés, d'un verre homogene & bien net, sans fils ni bouillons ; & couvrir, avec du papier noir collé, toutes les parties inutiles à l'expérience, afin que quelque portion du jet de lumiere réfractée ou réfléchie irréguliérement, n'altere pas les effets.

1421. Puisque le mélange du rouge & du jaune produit l'orangé (1379), & que l'orangé, dans l'image colorée, appelée *spectre solaire*, se trouve placé entre le rouge & le jaune : puisque le mélange du jaune & du bleu produit le vert, & que le vert se trouve, dans le spectre solaire, entre le jaune & le bleu : enfin puisque le mélange du bleu & du violet produit l'indigo, & que cette derniere couleur se trouve, dans le spectre, entre le bleu & le violet ; on pourroit soupçonner que l'orangé, le vert & l'indigo ne sont pas des couleurs primitives, & qu'elles sont produites par le mélange de celles qui les avoisinent de part & d'autre. Mais *Newton* s'est assuré que ces trois couleurs sont primitives comme les quatre autres, par l'expérience suivante.

1422. Au moyen de deux tuyaux ou porte-lumiere T T (*fig.* 236.), on fait entrer, dans une chambre obscure, deux jets de lumiere,

Fig. 236.

chacun d'environ 3 lignes de diametre; à 10 ou 12 pieds de là on les reçoit chacun fur une lentille L, *l*, derriere lefquelles on préfente deux prifmes G, *g*, placés en fens contraire l'un de l'autre, c'eft-à-dire, leurs angles réfringens en dehors; & l'on place un peu plus loin une planche A B percée de deux trous C, D, de 3 lignes de diametre chacun, & à environ 8 pouces l'un de l'autre. En tournant un peu les prifmes G, *g*, & changeant les pofitions refpectives de la planche A B & du carton E E, on fait coincider (1393), 1°. le rouge d'une des images colorées, & le jaune de l'autre; 2°. le jaune de l'une & le bleu de l'autre; 3°. le bleu de l'une & le violet de l'autre; ce qui fournit, 1°. une image orangée F; 2°. une image verte; 3°. une image indigo. Enfuite on fe procure de femblables couleurs avec des lumieres fimples & homogenes, en bouchant un des trous C ou D, & faifant paffer fucceffivement, fur le carton E E, des portions de lumieres orangée, verte & indigo de l'un des deux fpectres; & l'on regarde toutes ces images, les unes après les autres, au travers d'un autre prifme H. Chacune des images produites par la lumiere venant d'un feul prifme, demeure ronde & d'une couleur uniforme dans toute fon étendue, foit qu'on la voie à travers le prifme H, foit à la vue fimple; &

les images composées des couleurs venant des deux prismes à la fois, & qui, à la vue simple, paroissent d'une couleur uniforme, deviennent ovales lorsqu'on les regarde par le prisme, & l'on voit l'une des deux couleurs déborder l'autre (1377). On a donc raison de regarder comme couleurs primitives ou simples, l'orangé, le vert & l'indigo de chaque spectre solaire produit par un seul prisme (1378).

1423. Nous avons dit ci-dessus (1380) que le mélange de toutes les couleurs primitives empêche qu'aucune d'elles ne soit apparente, & produit le blanc ou le brillant de la lumiere solaire : en voici la preuve. Qu'on reçoive, sur
Fig. 237. une lentille IK (*fig.* 237.) d'environ 7 à 8 pouces de foyer, un jet de lumiere réfracté par un prisme ; ce jet de lumiere, en passant par la lentille, prend la forme de deux cônes opposés au foyer par leurs sommets, qui portent toutes les couleurs primitives dans toute leur longueur, avec cette différence seulement que l'image demeure droite depuis la lentille jusqu'à son foyer, & qu'au delà du foyer elle est renversée. Si l'on place un carton blanc bien perpendiculairement à l'axe des cônes, & précisément au foyer L de la lentille, on n'y apperçoit qu'un petit cercle brillant & sans couleur, produit par le mélange bien proportionné de toutes

les couleurs (1387) : condition absolument essentielle ; car si l'on intercepte, avec une carte ou autrement, une partie des rayons colorés, cette suppression occasionne, sur le cercle brillant L, une teinte très-sensible. Le blanc ou la lumiere sans couleur, telle qu'elle nous vient du soleil, est donc celle qui contient toutes les couleurs simples par un mélange parfait (1388 & 1389) : & le noir parfait n'est qu'une privation de toute lumiere, simple ou composée.

1424. Puisque les rayons qui portent des couleurs différentes, ont des degrés différens de réfrangibilité (1374), il s'ensuit que la même lentille, quelle que soit sa courbure, ne peut pas réunir tous les rayons à son foyer ; car elle ne réunit ces rayons qu'en les réfractant (1355) : il y a donc autant de foyers à la suite les uns des autres, qu'il y a d'especes de rayons différemment réfrangibles, & c'est ce qu'on appelle *aberration de réfrangibilité*. *Newton* a trouvé que la distance du premier de ces foyers au dernier étoit assez considérable, pour causer un défaut sensible dans la pratique : il l'a trouvé, dis-je, par l'expérience suivante.

1425. Il a pris un quarré de carton DE (*fig.* 242.), dont la moitié FDG étoit peinte en bleu, & l'autre moitié FGE étoit peinte en rouge : il a roulé plusieurs fois, autour de ce *Fig.* 242.

carton, un fil délié de ſoie extrêmement noire. Il a appliqué ce carton, ainſi coloré & enveloppé de fils noirs, contre un mur perpendiculairement à l'horizon, de maniere que l'une des couleurs étoit à droite & l'autre à gauche; puis il a placé, tout près du carton, dans les confins des couleurs & vers le bas, une groſſe chandelle allumée, pour le bien éclairer; (car cette expérience doit être faite dans un lieu obſcur). Après quoi, à la diſtance d'environ 6 pieds du carton, il éleva une lentille de verre M N de 4 $\frac{1}{4}$ pouces de diametre & d'environ 3 pieds de foyer, au moyen de laquelle il raſſembla les rayons venant des différens points du carton, les fit converger vers tout autant d'autres points, à la même diſtance d'environ 6 pieds, de l'autre côté de la lentille, & peindre ainſi l'image du carton coloré ſur un papier blanc H I, placé dans cet endroit, perpendiculairement à l'horizon & aux rayons qui tomboient deſſus en venant de la lentille. A la diſtance H I de la lentille, l'image de la moitié rouge F G E du carton paroiſſoit très-diſtinctement; car les lignes noires y étoient bien terminées; au contraire, la moitié bleue F D G y paroiſſoit ſi confuſe, qu'on pouvoit à peine voir les lignes noires tirées ſur cette moitié. Pour voir diſtinctement cette moitié bleue, il falloit

porter le papier en *h i*, à un pouce & demi plus près de la lentille M N : là, la moitié bleue F D G paroiſſoit très-diſtincte, & les lignes noires bien terminées ; mais la moitié rouge F G E y paroiſſoit très-confuſe, & les lignes noires y étoient à peine viſibles (1395). On voit que ſur un auſſi petit eſpace la différence d'un pouce & demi ne laiſſe pas que d'être conſidérable.

1426. J'ai trouvé cette différence bien plus grande dans une expérience analogue à celle-ci, faite très en grand avec la lentille à eſprit-de-vin de M. *Trudaine.* (*Voyez les Mém. de l'Acad. an.* 1774. *pag.* 67.). Les rayons rouges ſe réuniſſoient à 10 pieds 3 pouces 11 $\frac{1}{2}$ lignes du centre de la lentille ; & les bleus, à 9 pieds 7 pouces 10 $\frac{1}{2}$ lignes : la différence eſt donc de 8 pouces 1 ligne, ſur 10 pieds 3 pouces 11 $\frac{1}{2}$ lignes ; & par conſéquent beaucoup plus grande que celle de 1 $\frac{1}{2}$ pouce ſur 6 pieds. Les rayons violets ſe réuniſſoient à 9 pieds 6 pouces 4 $\frac{1}{2}$ lignes du centre de la lentille : la différence étoit donc de 9 pouces 7 lignes.

1427. C'eſt cette aberration de réfrangibilité qui a fait abandonner à *Newton* le projet de perfectionner les téleſcopes dioptriques, & qui l'a engagé à faire ſon téleſcope catadioptrique, dont nous parlerons ci-après (1627). L'aberration de ſphéricité eſt très-petite en comparaiſon ;

car, ſuivant *Newton* (*Traité d'Optique, pag.* 107.), l'aberration de ſphéricité eſt à l'aberration de réfrangibilité, comme 1 à 5449.

1428. Puiſque, par la réfraction de la lumiere dans une lentille, il y a autant de foyers à la ſuite les uns des autres, qu'il y a d'eſpeces de rayons différemment réfrangibles (1424); on ne peut donc déterminer le foyer d'une lentille que pour une eſpece de rayons à la fois. Mais comme la plus lumineuſe des couleurs eſt le jaune, c'eſt principalement le foyer de cette eſpece de lumiere qu'il faut déterminer, & dont il faut faire uſage; c'eſt par la réfraction de ces rayons qu'il faut meſurer le pouvoir réfractif du verre ou du criſtal pour les uſages d'optique. Le ſinus de l'angle d'incidence des rayons rouges eſt, ſuivant *Newton* (*Traité d'Optique, pag.* 6.), au ſinus de leur angle de réfraction dans l'eau, comme 4 à 3; &, dans le verre, comme 17 à 11. On voit bien que le ſinus de l'angle de réfraction des rayons jaunes eſt un peu plus petit, puiſqu'ils ſont plus réfrangibles que les rouges (1383).

1429. De ce que nous venons de dire ſur les couleurs, on doit conclure qu'elles ſont des propriétés de la lumiere, à laquelle elles appartiennent (1407 & 1418); qu'elles y réſident au nombre de ſept bien diſtinctes, avec un nom-

bre indéfini de nuances intermédiaires (1378); que, des différentes combinaiſons de ces ſept eſpeces & de leurs nuances, ſe forment toutes les autres couleurs; que leur mélange bien proportionné empêche qu'aucune d'elles ne ſoit apparente, & forme le blanc ou le brillant de la lumiere ſolaire (1380); & que leur privation totale forme le noir parfait.

1430. Il eſt aiſé de ſe perſuader que toutes les couleurs & leurs nuances, que nous voyons dans la Nature, réſultent des combinaiſons de ces ſept eſpeces. Car ces ſept couleurs peuvent ſe combiner de 119 manieres; 2 à 2, elles fourniſſent 21 combinaiſons; 3 à 3, elles en fourniſſent 35; 4 à 4, 35; 5 à 5, 21; & 6 à 6, 7 combinaiſons: ſans compter les différentes proportions ou quantités de chacune, qui donnent des nuances à l'infini.

1431. Au moyen de ces principes, on peut rendre raiſon de tous les phénomenes qui ont rapport aux couleurs.

1432. Si l'on regarde au travers d'un priſme un objet un peu grand, ſur-tout s'il eſt blanc; cet objet n'eſt coloré qu'aux deux bords qui ſont paralleles à la longueur du priſme: ces deux bords oppoſés ſont colorés différemment; l'un en rouge, orangé & jaune; & l'autre en bleu, indigo & violet. Ces couleurs ſont les extré-

mités d'autant d'images de l'objet qu'il y a dans la lumiere de rayons différemment réfrangibles
Fig. 243. (1394). Soit ABCD (*fig.* 243.) un parallélogramme de carton blanc ; qu'on le regarde au travers d'un prisme HIK : les rayons CE, DE, partant de ses extrémités C & D, iroient, sans l'interposition du prisme HIK, se réunir en E ; mais, au moyen du prisme, ces rayons se réfractent, & pas tous également (1373) : les rouges vont se réunir en G ; les violets en F ; & les intermédiaires, entre ces deux points G & F, en autant de points qu'il y a de rayons différemment réfrangibles. L'œil placé de maniere à recevoir tous ces rayons, voit donc, dans la direction des rayons réfractés, l'image *aosp*, augmentée en hauteur de la quantité *bo*, qui est celle dont les rayons s'écartent par la réfraction. Cette image est colorée à ses deux extrémités ; savoir, en bas, de rouge entre *a* & *e* ; d'orangé entre *c* & *d*, & de jaune entre *d* & *e* ; & vers le haut, de bleu entre *l* & *m* ; d'indigo entre *m* & *n*, & de violet entre *n* & *o*. Il est aisé de voir que, comme nous venons de le dire, ces couleurs sont les extrémités d'autant d'images de l'objet. Car chaque couleur occupe une étendue semblable à celle du carton ABCD qui reçoit la lumiere du soleil, puisque cette lumiere est composée de toutes les

couleurs (1381) : le rouge s'étend donc, dans l'image, depuis *a* jusqu'en *b* ; l'orangé, depuis *c* jusqu'en *i* ; le jaune, depuis *d* jusqu'en *k* ; le vert, depuis *e* jusqu'en *l* ; le bleu, depuis *f* jusqu'en *m* ; l'indigo, depuis *g* jusqu'en *n* ; & le violet, depuis *h* jusqu'en *o*.

1433. Cela explique clairement pourquoi il n'y a que les deux extrémités de l'image de colorées, & pourquoi le milieu demeure blanc. Il est clair, par ce que nous venons de dire (1432), que les couleurs anticipent beaucoup les unes sur les autres, & qu'il y en a de toutes les especes dans l'intervalle entre *h* & *b* ; aussi est-il parfaitement blanc : dans les petits intervalles, entre *e* & *h* & entre *b* & *l*, il en manque très-peu ; ces espaces demeurent encore blancs, mais d'un blanc moins beau que celui du milieu : il n'y a donc que les deux extrémités, depuis *a* jusqu'en *e* & depuis *l* jusqu'en *o*, où les couleurs sont assez démêlées pour être apparentes ; encore ne sont-elles pas aussi brillantes que celles du spectre solaire (*fig.* 234.), formé par un petit jet de lumiere de quelques lignes de diametre qui traverse un prisme ; car, dans ce cas-là, les couleurs anticipent beaucoup moins les unes sur les autres, & sont, par conséquent, moins mêlées. *Fig.* 234.

1434. Si l'objet qu'on regarde au travers du

prifme, eft petit & vu d'un peu loin, il eft coloré dans toute fa furface. Cela vient de ce que plus l'objet eft petit, moins chaque couleur occupe d'étendue; tandis que la quantité, dont les rayons font écartés les uns des autres par la réfraction, eft la même; auquel cas les couleurs anticipent moins les unes fur les autres (1433), & font, par conféquent, moins mêlées & plus apparentes.

1435. De tous les phénomenes, qui ont rapport aux couleurs, le plus beau eft fans doute l'arc-en-ciel ou iris; c'eft-à-dire, cette bande fémi-circulaire, ornée des fept couleurs primitives (1378), & placée dans les nuées, que l'on apperçoit, lorfqu'ayant le dos tourné au foleil, on regarde une nuée qui fond en pluie, & qui eft éclairée par cet aftre, pourvu toutefois qu'il foit moins élevé que de 42 degrés au deffus de l'horizon (1456).

1436. *Antoine de Dominis* montre dans fon Livre, *de Radiis vifûs & lucis*, imprimé à Venife, en 1611, que l'arc-en-ciel eft produit, dans des gouttes rondes de pluie, par deux réfractions de la lumiere folaire & une réflexion entre deux. Mais *Kepler* avoit eu, avant lui, la même penfée, comme on le voit par les lettres qu'il écrivit à *Beranger* en 1605, & à *Harriot* en 1606. Mais comme ces Savans ne connoiffoient

Fig. 234.

Fig. 235.

Fig. 236.

Fig. 232.

Fig. 231.

Fig. 233.

Benard Direxit.

point l'origine des couleurs, l'explication qu'ils ont donnée de ce météore, eſt défectueuſe à quelques égards. C'eſt à *Newton* que nous en devons une explication exacte : il l'a rendue lumineuſe, en y appliquant ſa découverte de la décompoſition de la lumiere, & du degré de réfrangibilité propre à chaque eſpece de rayon.

1437. On apperçoit ordinairement deux arcs-en-ciel ; un intérieur, dont les couleurs ſont vives, & un extérieur, dont les couleurs ſont plus foibles. L'ordre de ces couleurs eſt celui-ci ; dans l'arc intérieur, en allant de bas en-haut, on voit d'abord le violet, enſuite l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé & le rouge : dans l'arc extérieur, les couleurs ſont dans un ordre renverſé ; de ſorte qu'en allant encore de bas en-haut, on voit d'abord le rouge, enſuite l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo & le violet.

1438. Pour expliquer comment cela ſe fait, ſuppoſons que les cercles *s t* D (*fig.* 244.) & G *d s* (*fig.* 245.) repréſentent deux gouttes de pluie. Le trait de lumiere ſolaire S *s* (*fig.* 244.) venant frapper obliquement la goutte de pluie en *s*, au lieu de continuer ſa direction vers F, ſera réfracté en s'approchant de la perpendiculaire *p* C (1285), & ira heurter la concavité de la goutte en *t* : la portion de cette lumiere qui

Fig. 244.
Fig. 245.
Fig. 244.

ne traverſera pas la goutte, ſera réfléchie vers *e*, en faiſant ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence (1218); &, au lieu de continuer ſa route en droite ligne vers *f*, elle ſera réfractée une ſeconde fois, en s'écartant de la perpendiculaire *p* C, parce qu'elle paſſe obliquement de l'eau dans l'air.

1439. Mais comme ce trait de lumiere, quelque mince qu'il ſoit, eſt un faiſceau de rayons plus réfrangibles les uns que les autres, le violet, qui l'eſt le plus de tous, ſe rendra vers le point B; & le rouge, qui l'eſt le moins, ſe rendra vers le point O. Si donc l'œil de l'obſervateur eſt placé en O, de façon que le jet de lumiere qui vient le frapper, après avoir ſouffert, dans la goutte de pluie, une réflexion & deux réfractions; ſavoir, une en y entrant, & une autre en en ſortant (1438); de façon, dis-je, que ce jet de lumiere *e* O faſſe, avec le rayon ſolaire S *s*, un angle SFO de 42 degrés 2 minutes, cet œil verra le rouge dans la direction O *r*. Si enſuite l'œil s'éleve juſqu'en B, par exemple, de façon que le jet de lumiere *e* B, qui arrive à lui, ne faſſe plus, avec le rayon ſolaire S *s*, qu'un angle de 40 degrés 17 minutes, il verra, dans ſon élévation, ſucceſſivement toutes les couleurs priſmatiques, & appercevra enfin le violet dans la direction B *b*.

La

La même chose arriveroit, si l'œil de l'observateur demeurant à sa premiere place; savoir, en O, la goutte de pluie descendoit de D en E; & si l'on supposoit cet espace rempli d'une suite de gouttes de pluie, on verroit à la fois toutes les couleurs prismatiques.

1440. Que l'on imagine à présent de pareilles suites de gouttes de pluie placées dans la circonférence d'un demi-cercle, dont l'œil du spectateur occupe le centre, on aura une bande semi-circulaire ornée des sept couleurs primitives (1378), & dont la largeur sera égale à l'espace D E; c'est-à-dire, qu'elle sera proportionnelle à la différence qu'il y a entre les rayons les plus réfrangibles, & ceux qui le sont le moins.

1441. Pour expliquer maintenant les apparences de l'arc-en-ciel extérieur, supposons encore que le trait de lumiere solaire S *s* (*fig.* 245.) vient frapper obliquement en *s* la goutte de pluie représentée par le cercle G *d s* : au lieu de continuer sa route vers *a*, il se réfractera, en s'approchant de la perpendiculaire *p* C (1285), & ira heurter la concavité de la goutte en *d*: la portion de cette lumiere qui ne traversera pas la goutte, sera réfléchie vers *e*, en faisant son angle de réflexion égal à celui de son incidence: une partie de cette même portion sera encore réfléchie une seconde fois vers *g*, faisant toujours *Fig.* 245.

ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence (1218) ; & enſuite, au lieu de continuer ſa route en droite ligne vers *h*, elle ſe réfractera une ſeconde fois, en s'éloignant de la perpendiculaire *p* C.

1442. Ce trait de lumiere étant, comme dans le cas précédent (1439), un aſſemblage de rayons plus réfrangibles les uns que les autres, le rouge, qui l'eſt le moins de tous, ſe rendra vers le point O ; & le violet, qui l'eſt le plus, ſe rendra vers le point B. Maintenant que l'œil de l'obſervateur ſe place en O, de façon que le jet de lumiere, qui vient le frapper après avoir ſouffert, dans la goutte de pluie, deux réflexions & deux réfractions ; ſavoir, une en y entrant, & l'autre en en ſortant (1441) ; de façon, dis-je, que ce jet de lumiere *g* O faſſe, avec le rayon ſolaire S *s*, un angle S *h* O de 50 degrés 57 minutes, cet œil verra le rouge dans la direction O *r*. Si enſuite l'œil s'abaiſſe juſqu'en B, par exemple, de façon que le jet de lumiere *g* B, qui arrive à lui, faſſe, avec le rayon ſolaire S *s*, un angle S *h* B de 54 degrés 7 minutes, il aura vu ſucceſſivement, dans ſon abaiſſement, toutes les couleurs priſmatiques, & appercevra enfin le violet dans la direction B *b*. La même choſe arriveroit, ſi, l'œil de l'obſervateur demeurant à ſa même place, ſavoir, en O, la goutte

de pluie montoit de G en H; & si l'on supposoit cet espace rempli d'une suite de gouttes de pluie, l'œil verroit à la fois toutes les couleurs prismatiques.

1443. Si vous imaginez maintenant, comme dans le premier cas (1440), de pareilles suites de gouttes de pluie placées dans la circonférence d'un demi-cercle, dont l'œil du spectateur occupe le centre, cela vous donnera une seconde bande semi-circulaire ornée des sept couleurs primitives (1378), mais dans un ordre opposé à celui de la premiere.

1444. Ce que nous avons supposé jusqu'ici arrive effectivement. Quand une nuée fond en pluie, il s'en trouve des gouttes dans toutes les places convenables, pour que les rayons émergens fassent, avec les rayons incidens, les angles que nous avons dit être nécessaires pour les apparences de l'arc-en-ciel (1439 & 1442). Rendons ceci sensible par une figure. Supposons que E, F, G & H (*fig.* 246.) représentent des gouttes de pluie, sur lesquelles vont tomber les rayons solaires SE, SF, SG, SH : ces rayons, après avoir souffert, en E & en F, deux réfractions & une réflexion (1438), sont dirigés vers le même œil placé en O. L'angle SEO, formé par le rayon incident SE, & le rayon émergent EO, étant de 40 degrés 17 minutes, on voit *Fig.* 246.

le violet en E : l'angle S F O, formé de même par le rayon incident S F & le rayon émergent F O, étant de 42 degrés 2 minutes, on voit le rouge en F : & les autres gouttes de pluie, qui se trouvent placées entre E & F, renvoyant à l'œil des rayons émergens, qui forment avec les rayons incidens des angles convenables, l'œil apperçoit en même temps toutes les autres couleurs.

1445. De même, les rayons S G, S H, après avoir souffert, en G & en H, deux réfractions & deux réflexions (1441), sont encore dirigés vers le même œil placé en O. L'angle S G O, formé par le rayon incident S G & le rayon émergent G O, étant de 50 degrés 57 minutes, on voit le rouge en G : l'angle S H O, formé de même par le rayon incident S H & le rayon émergent H O, étant de 54 degrés 7 minutes, on voit le violet en H : & les autres gouttes de pluie, qui se trouvent placées entre G & H, renvoyant encore à l'œil des rayons émergens, qui forment avec les rayons incidens des angles convenables, l'œil apperçoit en même temps toutes les autres couleurs.

1446. On en peut dire autant de toutes les pareilles suites de gouttes de pluie placées dans les circonférences de deux demi-cercles, dont l'œil du spectateur occupe le centre ; ce qui

donnera les deux bandes colorées AFBE & CHDG, dont les couleurs seront placées dans un ordre opposé (1443); de sorte que le rouge bordera extérieurement l'arc intérieur, & intérieurement l'arc extérieur; tandis qu'au contraire le violet bordera intérieurement l'arc intérieur, & extérieurement l'arc extérieur.

1447. Les couleurs de l'arc extérieur sont plus foibles que celles de l'arc intérieur, parce que, comme on l'a vu ci-dessus (1441), les rayons qui forment l'arc extérieur souffrent une réflexion de plus; ce qui cause beaucoup de déchet, parce que le jet de lumiere ne se réfléchit pas en entier; il en sort une partie de la goutte.

1448. Si l'on vouloit imiter les apparences des arcs-en-ciel, il seroit aisé de le faire au moyen de deux globes de verre remplis d'eau, que nous pouvons supposer représentés par les cercles *s t* D (*fig.* 244.) & G *d s* (*fig.* 245.), Fig. 244.
suspendus par leur axe avec des cordons CHM Fig. 245.
qui passeroient sur des poulies fixées au plafond. En tirant ou lâchant les cordons, on éleveroit ou l'on baisseroit les globes selon le besoin; & de façon qu'en faisant tomber sur chacun d'eux un rayon solaire S *s* dans une chambre obscure, on fît former, par ces rayons incidens avec les rayons émergens, des angles tels que nous les

avons dit (1439 & 1442) être néceſſaires pour produire les apparences des arcs-en-ciel.

1449. Il faut remarquer que, dans ce cas-là, les couleurs ſe préſentent à l'œil, & ſe placeroient ſur un carton qu'on leur oppoſeroit, dans un ordre tout différent de celui dont nous avons parlé ci-deſſus (1437), & qu'on obſerve aux arcs-en-ciel; de ſorte que les violets ſe trouvent dans l'intérieur, ſavoir, en B, B, & les rouges dans l'extérieur, ſavoir, en O, O; tandis
Fig. 246. qu'au contraire, dans les arcs-en-ciel (*fig.* 246.), le rouge borde extérieurement l'arc intérieur, comme en F, & intérieurement l'arc extérieur, comme en G: & par-là les rouges ſe trouvent en dedans, & les violets en dehors. Mais il faut faire attention que, voyant ces couleurs au ciel, nous les y rapportons par des directions qui ſe
Fig. 244. croiſent aux points d'émergences *e* (*fig.* 244.)
Fig. 245. & *g* (*fig.* 245.). C'eſt pourquoi nous voyons les rouges en *r*, *r*, & les violets en *b*, *b*.

1450. La largeur des deux bandes colorées, qui forment les deux arcs-en-ciel, eſt plus grande dans l'un & dans l'autre que ne la donnent les limites qui renferment les différens degrés de réfrangibilité de chacun des rayons hétérogenes qui compoſent le faiſceau. *Newton* a calculé quelles doivent être ces largeurs; & il a déter-

Fig. 237.
T
I
K
L
Fig. 238.
T
S
V
X
P
Q
T
p
s
v
t
q
Y
Z
y
Fig. 239.
P
p
T
V
X
O
N
Q
R
S
N
K
L
M
I
T
Fig. 241.
A
B
C
D
e
f
a
b
d
g
c
Fig. 240
e
E
f
F
Fig. 242.
H
h
I
i
M
N
D
F
G
E

miné celle de l'arc intérieur de 1 degré 45 minutes; celle de l'arc extérieur de 3 degrés 10 minutes; & leur diſtance réciproque de 8 degrés 55 minutes. C'eſt réellement là ce qu'elles devroient être, & ce qu'elles ſeroient effectivement, ſi le ſoleil n'étoit qu'un point; mais ſon diametre eſt d'un demi-degré ou à peu près, ce qui élargit chacune des bandes, & diminue leur diſtance réciproque; de ſorte que, dans le fait, la largeur de l'arc intérieur eſt de 2 degrés 15 minutes; celle de l'arc extérieur de 3 degrés 40 minutes, & leur diſtance réciproque eſt ſeulement de 8 degrés 25 minutes.

1451. Cette explication des apparences des arcs-en-ciel peut ſervir auſſi à rendre raiſon des couleurs qu'on apperçoit autour d'un jet d'eau que le vent agite & diviſe en gouttes de pluie, lorſqu'il eſt éclairé du ſoleil, & qu'on le regarde ayant le dos tourné à cet aſtre; car on n'apperçoit pas cet effet dans toutes ſortes de poſitions: & ſi l'on fait attention à celle qui eſt néceſſaire, on verra qu'alors les angles, formés par les rayons incidens, qui vont du ſoleil au jet d'eau, & par les rayons émergens, qui reviennent du jet d'eau à l'œil du ſpectateur, ſont aſſujettis aux mêmes conditions que celles qu'exigent les apparences des arcs-en-ciel.

1452. Nous avons dit ci-deſſus (1440 & 1443)

que les deux arcs-en-ciel repréſentent chacun une
Fig. 246. bande ſemi-circulaire (*fig.* 246.) ; il eſt cependant très-probable que les gouttes de pluie qui ſéparent les couleurs, ne ſont pas ainſi rangées: mais voici la raiſon de cétte apparence. L'œil étant placé au ſommet d'un cône, voit les objets qui ſont ſur ſa ſurface, comme s'ils étoient placés dans des cercles concentriques inſcrits les uns dans les autres, ſur-tout lorſque ces objets ſont aſſez éloignés de lui ; car quand différens objets ſont à une diſtance aſſez conſidérable de l'œil, ils paroiſſent en être à la même diſtance (1211). Or les gouttes d'eau au travers deſquelles paſſent les rayons de lumiere qui ſont voir les arcs-en-ciel, ſont comme rangées ſur la ſurface d'un cône, dont le ſommet eſt à l'œil de l'obſervateur : en conſéquence ces gouttes doivent lui paroître comme ſi elles étoient diſpoſées dans autant de bandes ou arcs colorés, comme on le voit dans les arcs-en-ciel. On appelle *ligne d'aſpect*, l'axe du cône dont le ſommet eſt à l'œil de l'obſervateur, lequel axe eſt perpendiculaire au ſoleil.

1453. Il eſt aiſé de déduire de ces principes l'explication de tous les phénomenes particuliers de l'arc-en-ciel.

1°. Par exemple, pourquoi les arcs-en-ciel ſont toujours de mêmes largeurs. C'eſt parce que

les degrés de réfrangibilité des rayons rouges & violets, qui forment ſes couleurs extrêmes, ſont toujours les mêmes (1407); ils produiſent donc toujours les mêmes écartemens entre les couleurs.

1454. 2°. Pourquoi l'arc-en-ciel change de ſituation à meſure que l'œil en change. C'eſt que les gouttes colorées ſont diſpoſées ſous un angle déterminé autour de la ligne d'aſpect (1452), laquelle varie à meſure qu'on change de place. De là vient auſſi que chaque ſpectateur voit un arc-en-ciel différent. Il faut pourtant dire que ce changement de l'arc-en-ciel pour chaque ſpectateur, s'ils ſont près les uns des autres, n'eſt vrai que rigoureuſement parlant; car les rayons du ſoleil étant cenſés paralleles, à cauſe du très-grand éloignement de cet aſtre (1750), deux ſpectateurs voiſins l'un de l'autre voient aſſez ſenſiblement le même arc-en-ciel.

1455. 3°. D'où vient que l'arc-en-ciel forme une portion de cercle, tantôt plus grande & tantôt plus petite. C'eſt que ſa grandeur dépend du plus ou moins d'étendue de la partie de la ſuperficie conique (1452) qui eſt au deſſus de l'horizon dans le temps qu'il paroît; & cette portion eſt plus petite ou plus grande ſuivant que la ligne d'aſpect eſt plus ou moins inclinée ou oblique à la ſurface de la terre. Cette obliquité

augmente à proportion que le ſoleil eſt plus élevé; ce qui fait que la grandeur de l'arc-en-ciel diminue à proportion que le ſoleil s'éleve.

1456. 4°. Pourquoi l'arc-en-ciel ne paroît jamais, lorſque le ſoleil eſt élevé d'une certaine hauteur. C'eſt que la ſurface conique ſur laquelle il doit paroître (1452), eſt cachée ſous l'horizon, lorſque le ſoleil eſt élevé de plus de 42 degrés (1435); car dans ce cas-là, ſi vous ſuppoſez une ligne partant de l'œil de l'obſervateur parallélement au rayon ſolaire, cette ligne fait avec le deſſous, de même qu'avec le deſſus de l'horizon, un angle de plus de 42 degrés; par conſéquent le rayon émergent de la goutte de pluie, qui doit faire avec le rayon ſolaire (1439) & par conſéquent avec ſa parallele, un angle ſeulement de 42 degrés, ſe trouve au deſſous de l'horizon; de ſorte que, rencontrant la ſurface de la terre, il ne peut arriver à l'œil. Il ſuit pourtant de là que ſi le ſoleil eſt élevé de plus de 42 degrés, mais moins de 54 (1442), on pourra voir l'arc-en-ciel extérieur, & non l'arc-en-ciel intérieur.

1457. 5°. Pourquoi on voit quelquefois les jambes de l'arc-en-ciel contiguës à la ſurface de la terre; & pourquoi d'autres fois ces jambes ne paroiſſent pas juſqu'à terre. C'eſt parce qu'on ne voit l'arc-en-ciel que dans les endroits où il

y a des gouttes de pluie : or ſi la pluie eſt aſſez étendue pour occuper un eſpace plus grand que la portion viſible de la ſurface conique ſur laquelle il doit paroître (1452), on verra un arc-en-ciel qui ira juſqu'à terre ; ſinon, on n'en verra que dans la partie de cette ſurface occupée par la pluie.

1458. 6°. Pourquoi les jambes de l'arc-en-ciel paroiſſent quelquefois inégalement éloignées. Si la pluie ſe termine du côté du ſpectateur dans un plan tellement incliné à la ligne d'aſpect, que le plan de la pluie forme avec cette ligne un angle aigu du côté du ſpectateur, & un angle obtus de l'autre côté, la ſurface du cône ſur laquelle ſont placées les gouttes qui doivent faire paroître l'arc-en-ciel (1452), ſera tellement diſpoſée que la partie de cet arc qui ſera d'un côté, paroîtra plus proche de l'œil que celle de l'autre côté.

1459. 7°. Comment l'arc-en-ciel peut paroître interrompu & tronqué à ſa partie ſupérieure. Il ne faut pour cela qu'un nuage qui intercepte les rayons & les empêche de venir de la partie ſupérieure de l'arc à l'œil du ſpectateur. Il peut encore arriver qu'on ne voie que les deux jambes de l'arc-en-ciel, parce qu'il n'y a point de gouttes de pluie à l'endroit où devroit paroître ſa partie ſupérieure.

1460. 8°. Pourquoi l'arc-en-ciel ne paroît pas toujours exactement rond ; & pourquoi il paroît quelquefois incliné. C'est que l'apparence de sa rondeur exacte dépend de son éloignement, qui nous empêche de le bien voir ; mais si la pluie qui le produit, est près de nous, on apperçoit ses irrégularités : & si le vent chasse la pluie, en sorte que sa partie supérieure soit sensiblement plus éloignée de l'œil que l'inférieure, l'arc paroîtra incliné ; en ce cas, l'arc-en-ciel peut paroître ovale, comme le paroît un cercle incliné, vu d'assez loin.

1461. 9°. Pourquoi l'arc-en-ciel ne paroît pas plus grand qu'un demi-cercle. Le centre de l'arc-en-ciel est toujours dans la ligne d'aspect (1452), laquelle est perpendiculaire au soleil ; donc, dans le cas où le soleil est à l'horizon, cette ligne rase la terre. Si donc le soleil est élevé au dessus de l'horizon, l'extrémité de cette ligne la plus éloignée du soleil & qui se trouve au centre de l'arc, est au dessous de l'horizon, & par conséquent n'est pas visible. On ne peut donc pas voir plus du demi-cercle ; car pour voir le demi-cercle entier, il faut voir son centre.

1462. Il est pourtant vrai que, si le spectateur est placé sur une éminence fort élevée, & que le soleil soit à l'horizon, ou même un peu au dessous, alors la ligne d'aspect (1452), dans

laquelle eſt le centre de l'arc-en-ciel, ſera conſidérablement élevée au deſſus de l'horizon; & l'arc-en-ciel occupera pour lors plus d'un demi-cercle.

1463. Et même, ſi le lieu eſt extrêmement élevé, & que les gouttes de pluie ſoient proches du ſpectateur, il peut arriver que l'arc-en-ciel forme un cercle entier.

1464. Et ſi la partie ſupérieure de ce cercle eſt couverte par des nuages, & qu'il n'y ait que ſa partie inférieure de viſible, l'arc-en-ciel paroîtra renverſé.

1465. La lumiere de la lune, réfractée & réfléchie par les gouttes de pluie, produit l'arc-en-ciel, comme celle du ſoleil, & avec les mêmes couleurs; mais elles ſont preſque toujours plus foibles, parce que l'intenſité de la lumiere de la lune eſt de beaucoup inférieure à celle de la lumiere du ſoleil.

1466. C'eſt encore à la réfraction de la lumiere par des gouttes d'eau, qu'on doit attribuer la formation de ces cercles colorés, qu'on apperçoit autour du ſoleil, de la lune, des autres planetes & des étoiles, & que l'on appelle *couronnes*. Tous les Phyſiciens conviennent qu'il faut les attribuer, comme on attribue l'arc-en-ciel, à la réfraction des rayons de lumiere dans les particules de vapeurs, les gouttes d'eau, les

parcelles de glace & de neige, dont l'athmosphere est chargée ; avec cette différence que, dans l'arc-en-ciel, il y a réflexion & réfraction des rayons (1438 & 1441), & que, dans les couronnes, il n'y a que réfraction.

1467. La grandeur de ces couronnes varie beaucoup : elle dépend de l'épaisseur plus ou moins grande de ces corps hétérogenes qui réfractent la lumiere, & de leur proximité à nos yeux.

1468. Ce qui appuie cette théorie, & lui donne de la vraisemblance, c'est qu'on peut imiter ainsi ce météore dans un temps froid. Regardez une bougie allumée au travers de la vapeur qu'exhale de l'eau chaude, contenue dans un vase placé entre la bougie & votre œil ; & vous verrez autour de la flamme une couronne colorée. Vous aurez le même effet, si vous regardez une bougie allumée au travers d'une glace de verre bien polie, & ternie par de petites gouttes d'eau imperceptibles, comme le sont, par un temps froid, les glaces des carrosses dans lesquels il y a du monde.

1469. On apperçoit quelquefois une portion de cercle de lumiere colorée comme l'arc-en-ciel, sur une prairie ou sur un champ que l'on regarde d'un lieu un peu élevé, quelque temps après le lever du soleil, ou quelque temps devant

ſon coucher. Cette portion de cercle, ainſi colorée, peut être appelée *arc-en-terre*. Ce phénomene eſt, de même que celui de l'arc-en-ciel, un effet de la lumiere réfractée & réfléchie par les gouttes de roſée ou de pluie qui ſont adhérentes à l'herbe ; & peut être expliqué de la même maniere (1438 & *ſuiv.*). Si l'on fait attention à la hauteur du ſoleil ſur l'horizon, à la poſition dans laquelle on eſt lorſqu'on apperçoit le phénomene, au pouvoir réfringent des gouttes d'eau répandues ſur l'herbe, & aux différens degrés de réfrangibilité des rayons dont la lumiere ſolaire eſt compoſée, on verra que le tout eſt aſſujetti aux mêmes conditions que celles d'où naiſſent les apparences de l'arc-en-ciel.

1470. On peut faire ici une réflexion bien ſinguliere : on ne ſait pas pourquoi une pierre tombe (199) ; & l'on connoît la cauſe des couleurs de l'arc-en-ciel & de leur arrangement reſpectif, quoique ce dernier phénomene ſoit, pour la multitude, beaucoup plus ſurprenant que le premier. Il ſemble que l'étude de la Nature ſoit propre à nous enorgueillir d'une part, & à nous humilier de l'autre.

1471. La lumiere ſouffre auſſi une déviation, lorſqu'elle raſe les bords des corps opaques : & cette déviation ſe nomme *diffraction* ou *inflexion*. Lorſque des rayons de lumiere raſent les bords

d'un corps opaque, ils ſe détournent de leur chemin, & ne continuent pas leur route en ligne droite. La diffraction eſt donc cette inflexion des rayons qui ſe fait à la ſuperficie ou auprès de la ſuperficie des corps, & d'où réſulte, non ſeulement une plus grande ombre que celle qu'ils doivent donner, mais encore, à côté de cette ombre, différentes couleurs fort ſemblables à celle du ſpectre ſolaire (1421).

1472. *Newton* (*Traité d'Optique*, *liv.* 3, *pag.* 477.) a donné, d'une maniere bien détaillée, les effets de la diffraction, que voici. Soit A B C D

Fig. 247. (*fig.* 247.) la coupe d'un cheveu ou d'un fil délié de métal : R R, un jet de lumiere ſolaire reçu par un fort petit trou dans une chambre obſcure, & auquel on a oppoſé le corps A B C D à quelques pieds au delà. Si l'on reçoit l'ombre du fil A C ſur un plan, à quelques pieds de diſtance, par exemple, en N Z, elle y ſera trouvée beaucoup plus grande qu'elle ne devroit l'être à raiſon du diametre de ce fil : on voit de plus, de part & d'autre des limites de l'ombre, en N L, Z Q, des bandes ou franges de lumiere colorée.

1473. Il ne faut pas croire que les couleurs N, E, L, d'un côté de l'ombre, & Z, V, Q, de l'autre côté, repréſentent ſimplement la ſuite des couleurs de la lumiere, chacune des bandes ou

ou franges ne donnant qu'une de ces couleurs: ce sont bien distinctement tout au moins trois ordres ou suites de couleurs de chaque côté, & posées l'une auprès de l'autre, à peu près comme les spectres d'autant de prisme ajustés l'un sur l'autre, au dessus & au dessous du corps diffringent A B C D. Ces trois suites de franges ou de couleurs sont représentées approchant dans leurs proportions (*fig.* 248.), par rapport à l'ombre O du cheveu, & marquées, sur le milieu, des mêmes lettres que leurs correspondantes dans la *fig.* 247. Ainsi la premiere, en partant de l'ombre, est N (*fig.* 248.) d'un côté, & Z de l'autre; la seconde, E & V; & la troisieme, L & Q. On voit dans la premiere, de part & d'autre, en venant de l'ombre, les couleurs suivantes: violet, indigo, bleu pâle, vert, jaune & rouge; dans la seconde, en suivant le même ordre, bleu, jaune & rouge; & dans la troisieme, bleu pâle, jaune pâle & rouge.

Fig. 248. *Fig.* 247. *Fig.* 248.

1474. La cause de la diffraction de la lumiere n'est pas bien connue. Je pense cependant qu'on pourroit lui en attribuer une, qui est assez vraisemblable. Il paroît prouvé que tous les corps ont une athmosphere particuliere, dont la densité differe de celle de l'air. Si cela est, les rayons de lumiere, qui rasent les bords des corps, doivent souffrir une réfraction en traversant cette

Fig. 247. athmoſphere IHXKF (*fig.* 247.). La cauſe de la diffraction de la lumiere ſera donc la réfraction qu'elle ſouffre en paſſant au travers de l'athmoſphere particuliere des corps. J'ai fait quelques expériences qui paroiſſent prouver que les athmoſpheres des corps ont un pouvoir réfringent moindre que celui de l'air ; car lorſque j'ai entouré les corps d'une ſubſtance qui a un pouvoir réfringent plus grand que celui de l'air, les couleurs, dans chaque ſuite, ſe ſont trouvées placées en ſens contraire. Pour cela, j'ai pris un tube de verre très-délié : je l'ai rempli de mercure, & l'ai plongé dans le rayon ſolaire. Le mercure repréſentoit le fil délié de métal (1472) ; & le tube de verre qui le contenoit, repréſentoit ſon athmoſphere.

1475. Dans toutes ces expériences, ainſi que dans celles dans leſquelles je n'ai employé qu'un fil de métal à nud, j'ai obtenu, non ſeulement trois ſuites de couleurs de chaque côté (1473), mais un bien plus grand nombre, que je recevois ſur un carton, courbé en rond devant l'appareil. Ces images colorées ſe portoient dans l'étendue de plus du demi-cercle : ce qui me fait croire que, dans ces athmoſpheres, il y a, non ſeulement réfraction, mais même réflexion de la lumiere, comme cela arrive dans les gouttes de pluie qui fourniſſent les apparences des arcs-en-ciel (1438 & 1441).

Fig. 245.

Fig. 244.

Fig. 243.

Des Couleurs considérées dans les objets qui nous les font sentir.

1476. Comme les couleurs appartiennent invariablement à la lumiere (1407 & 1418), les corps ne peuvent paroître de telle ou telle couleur, qu'autant qu'ils ne réfléchissent ou ne transmettent que des rayons de cette couleur, ou qu'ils réfléchissent ou transmettent plus de rayons de cette couleur que des autres ; ou plutôt ils paroissent de la couleur qui résulte du mélange des rayons qu'ils réfléchissent ou transmettent.

1477. Mais, comme plusieurs corps exposés au même jour, à la même lumiere, paroissent de couleurs différentes, il faut nécessairement qu'il y ait en eux quelques dispositions qui les rendent chacun propres à réfléchir ou transmettre certaines parties de cette lumiere, à l'exclusion des autres. Quelles sont donc ces dispositions ?

1478. *Newton*, après un grand nombre d'observations & d'expériences, s'en est tenu, pour rendre raison de la couleur des corps, à la seule épaisseur plus ou moins grande des petites lames ou particules qui les composent : il a cru en voir la preuve dans les bulles de savon, dont les parois changent de couleur en changeant d'épaisseur ; ainsi que dans les lames minces de verre que soufflent les Emailleurs, & qui sont

voir différentes couleurs, ſuivant leurs différens degrés d'amincissement. Voici, en outre, une des principales preuves que *Newton* en apporte. (*Traité d'Optique*, *liv.* 2, *part.* 1, *obſ.* 4, *pag.* 223.)

1479. Il a pris deux verres objectifs, l'un plan convexe, propre à un téleſcope de 14 pieds, & l'autre convexo-convexe, propre à un téleſcope d'environ 50 pieds; & ſur ce dernier appliquant l'autre par ſon côté plan, comme dans la

Fig. 249. *figure* 249, & les preſſant doucement l'un contre l'autre, il obſervera ce qui ſuit.

1480. 1°. Ces verres, étant poſés ſur un fond obſcur, afin de ne voir que la lumiere réfléchie par les verres ou par la lame d'air qui ſe trouve entre eux deux, il vit au milieu une tache noire, entourée de cercles colorés; la forme qu'avoient ces couleurs, lorſque les verres étoient aſſez comprimés pour faire paroître la tache noire

Fig. 250. dans le centre, eſt tracée dans la *figure* 250, dans laquelle *a*, *b*, *c*, *d*, *e* : *f*, *g*, *h*, *i*, *k* : *l*, *m*, *n*, *o*, *p* : *q*, *r* : *ſ*, *t* : *u*, *x* : *y*, *z*, déſignent les couleurs ſuivantes, à les compter par ordre, depuis le centre *a*, qui eſt noir, bleu, blanc, jaune, rouge : violet, bleu, vert, jaune, rouge : pourpre, bleu, vert, jaune, rouge : vert, rouge : bleu-verdâtre, rouge : bleu-verdâtre, rouge pâle : bleu-verdâtre, blanc-rougeâtre.

1481. 2°. Ces deux verres étant placés entre

la lumiere & l'œil, de façon à voir la lumiere qui les traverſe, il obſerva que l'air interpoſé faiſoit voir des anneaux colorés en tranſmettant la lumiere auſſi bien qu'en la réfléchiſſant. Mais alors à la place de la tache noire *a*, on voyoit un petit cercle lumineux; & à compter les couleurs de là, elles paroiſſoient dans l'ordre ſuivant; rouge-jaunâtre : noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge : violet, bleu, vert, jaune, rouge : vert-jaunâtre, rouge : vert bleuâtre, rouge. Mais ces couleurs étoient très-foibles, hormis lorſque la lumiere paſſoit fort obliquement au travers des verres; car, par ce moyen, elles devenoient aſſez vives.

1482. En comparant ces anneaux produits par une lumiere tranſmiſe, avec les anneaux colorés produits par une lumiere réfléchie, *Newton* trouva que le blanc étoit oppoſé au noir, le rouge au bleu, le jaune au violet, & le vert à une couleur compoſée de rouge & de violet : c'eſt-à-dire, que les parties du verre qui, lorſqu'on regardoit deſſus, paroiſſoient blanches, étoient noires, lorſqu'on les voyoit en regardant à travers; & qu'au contraire, celles qui, dans le premier cas, paroiſſoient noires, paroiſſoient blanches dans le ſecond. De même auſſi celles qui, dans le premier cas, paroiſſoient bleues, dans l'autre paroiſſoient rouges; & il en étoit de même

des autres couleurs. C'eſt ce que l'on peut voir
Fig. 249. par la *figure* 249, dans laquelle A B, C D ſont les ſurfaces des verres qui ſe touchent en E : les lignes noires tracées entre deux ſont les diſtances de ces ſurfaces, à différens éloignemens du centre ; leſquelles diſtances, répondantes à chaque anneau coloré, *Newton* a trouvées être dans la progreſſion arithmétique des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c. & les couleurs écrites au deſſus, ſont vues par une lumiere réfléchie ; & celles qui ſont écrites au deſſous, par une lumiere tranſmiſe.

1483. Entre les deux verres A B, C D, il eſt clair qu'il reſte une lame d'air, qui s'amincit de la circonférence vers le centre, & qui manque à l'endroit E du contact. A ce point de contact, on voit noir par réflexion, parce que le fond obſcur qui eſt deſſous (1480), ne renvoie point ou preſque point de lumiere. A ce même point de contact, on voit lumineux par tranſparence (1481), parce que la lumiere paſſe librement au travers des deux verres contigus. De ce point de contact à la circonférence, les couleurs des cercles changent, comme les différens degrés d'épaiſſeur des lames d'air qui y répondent. De plus, en ſerrant de plus en plus les verres A B, C D, l'un contre l'autre, on amincit les bords intérieurs de la lame d'air

AEC ou BED; & les cercles colorés s'éloignent d'autant du centre. Il paroît donc que les différentes épaiſſeurs de petites lames qui compoſent les corps, ſont une des cauſes des apparences des différentes couleurs qu'ils nous font ſentir. Mais en ſont-elles la cauſe unique ?

1484. On vient de voir, par ce que nous venons de dire (1480 & 1481), qu'il y a les mêmes apparences de couleurs dans différentes épaiſſeurs : ce ne ſont donc pas les épaiſſeurs ſeules qui ſont les cauſes de ces apparences : il faut donc qu'il s'y joigne quelque autre cauſe. Pourquoi n'y joindroit-on pas, comme nous l'avons dit ci-deſſus (1220), la figure de chacune des particules des corps & la contexture de leur aſſemblage, d'où doivent réſulter des différences dans leur poroſité, qui feroient que l'un admettroit dans ſes pores une lumiere d'une couleur, & l'autre une lumiere d'une autre couleur; car les lumieres de différentes couleurs doivent avoir des figures différentes : & ce feroient alors ces particules de lumiere qui, étant comme encadrées dans les pores des corps, feroient capables de recevoir & de rendre à des particules de lumiere ſemblables le mouvement qui leur eſt propre, & nous feroient ainſi appercevoir les couleurs. Ainſi la cochenille teint en rouge les ſurfaces qu'elle enduit; & un verre rouge fait [illegible]

de cette couleur les objets qu'on voit au travers ; parce que les parties de l'une ſont comme des éponges qui s'abreuvent aiſément de lumiere rouge, & la réfléchiſſent avec énergie ; & que les pores alignés de l'autre reçoivent facilement des ſuites de particules de lumiere rubrifique, & les tranſmettent avec autant de facilité. Il faudroit de plus convenir que les pores des corps ſans couleur ou limpides, tels que la neige, l'eau, le verre, &c. ſont capables de recevoir des lumieres de tous les ordres, &, par-là, de réfléchir ou de tranſmettre toutes les eſpeces, ſoit qu'elles arrivent enſemble ou ſéparément à leur ſurface.

1485. Tout cela prouve de plus en plus ce que nous avons dit ci-deſſus (1407 & 1418), que les couleurs ne tiennent point à la nature des corps, mais qu'elles appartiennent invariablement à la lumiere ; puiſque le même corps les perd & les reprend ſucceſſivement avec tant de facilité. On ſait que, ſi à du ſirop de violettes étendu d'eau on mêle quelques gouttes d'acide nitrique, il devient rouge : ſi l'on y mêle quelques gouttes de carbonate de potaſſe, il devient vert. Si à une diſſolution de ſulfate de cuivre, on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque, elle devient d'un très-beau bleu ; ſi ſur ce mélange ainſi coloré on verſe un peu d'acide ni-

trique, il perd sa couleur : & ainsi de plusieurs autres mélanges analogues, bien connus des Chimistes. Tous ces changemens ne peuvent venir que de ce qu'une liqueur atténue les parties de l'autre, en les divisant, ou les grossit, en leur unissant les siennes ; ce qui ne peut guere avoir lieu, sans que la figure des parties soit changée, & par conséquent celle des pores de la masse, d'où résulte une réflexion ou une transmission d'une couleur différente. L'action seule de la lumiere produit aussi de ces changemens : c'est elle qui occasionne le vert des campagnes, en rendant les feuilles des plantes propres à réfléchir la couleur verte en plus grande abondance qu'aucune autre. En effet, une plante couverte d'un corps opaque, ne prend point de verdure ; si on la découvre, elle devient verte ; si on la couvre de nouveau, elle perd sa verdure.

1486. Il y a des corps capables de transmettre une couleur, & d'en réfléchir une autre : tel est l'or, qui paroît jaune par réflexion, & bleu-verdâtre par transparence. Cela vient sans doute de ce que sa surface est propre à réfléchir le jaune, & de ce que ses pores ne peuvent transmettre que le bleu mêlé d'un peu de vert.

1487. Quand un corps est de nature à ne réfléchir que des rayons d'une certaine couleur, s'il n'est éclairé qu'avec une lumiere d'une autre

couleur, ou il n'en réfléchit point, n'étant pas propre à lui rendre le mouvement qui lui convient; ou il en réfléchit une partie, sans rien changer à sa couleur, & paroît, en conséquence, de la couleur du rayon qui l'éclaire (1418). Donc les couleurs appartiennent à la lumiere, & non pas aux corps qui nous les font sentir.

1488. Il y a des corps qui transmettent facilement la lumiere, & lui donnent un libre passage : d'autres ne lui permettent pas de passer outre, l'arrêtent ou la réfléchissent. On appelle les premiers *corps transparens*, & les autres *corps opaques*. D'où vient cette différence ? *Newton* (*Traité d'Optique*, *liv.* 2, *part.* 3, *prop.* 2, *pag.* 287.) prétend, & je crois avec raison, que l'opacité des corps vient de la multitude des réfractions & réflexions qui ont lieu dans leurs parties intérieures. Selon lui, entre les parties des corps opaques, & entre celles des corps colorés, il y a plusieurs espaces, ou vides, ou remplis de milieux d'une densité différente de celle de ces corps. La lumiere ne peut donc pas traverser ces parties, sans éprouver un grand nombre de réfractions & de réflexions, qui l'empêchent de se propager en lignes droites. D'où il suit que la principale cause de l'opacité, est ou la discontinuité des parties des corps opaques, ou la différente densité des parties qui les composent.

1489. Car il y a des liqueurs tranſparentes qui, ſi on les mêle enſemble, deviennent opaques, parce qu'elles ont des denſités & des pouvoirs réfringens différens : telles ſont l'eau & l'huile eſſentielle de térébenthine. Séparément, ces deux liqueurs ſont très-tranſparentes : ſi on les mêle enſemble, le mélange devient opaque & paroît d'un blanc mat. C'eſt pour cette raiſon que les brouillards troublent la tranſparence de l'air.

1490. De même, il y a des corps opaques qui deviennent tranſparens, ſi on remplit leurs pores d'une ſubſtance dont la denſité égale, ou du moins approche beaucoup de celle des parties de ces corps. C'eſt ce qui arrive à du papier que l'on mouille, ou que l'on imbibe d'huile. Lorſque ce papier étoit ſec, ſes pores étoient remplis d'air, dont la denſité eſt très-différente de celle des parties qui compoſent le papier ; en le mouillant d'eau ou d'huile, on chaſſe l'air de ſes pores, & on les remplit d'eau ou d'huile, qui ſont des ſubſtances dont la denſité approche beaucoup plus de celle des parties du papier, que ne le fait la denſité de l'air dont ſes pores étoient d'abord remplis. Dans le premier cas, la lumiere éprouve donc pluſieurs réfractions & réflexions, qui n'ont pas lieu, ou du moins très-peu dans le ſecond.

1491. C'eſt pour ces raiſons, ſelon *Newton*, que le liége, le papier, le bois, &c. ſont des corps opaques, & qu'au contraire, le verre, le diamant, &c. ſont des corps tranſparens. La raiſon, ſelon lui, eſt que les parties voiſines, dans le verre & le diamant, ſont de la même denſité; de ſorte que l'attraction, qui cauſe la réfraction (1296 & *ſuiv.*), étant égale de tous les côtés, les rayons de lumiere n'y ſubiſſent ni réfractions ni réflexions; & ceux qui entrent dans la premiere ſurface de ces corps, continuent leur chemin ſans inflexion juſqu'à l'autre ſurface, excepté le petit nombre de ceux qui heurtent les parties ſolides. Au contraire, les parties voiſines dans le bois, le liége, le papier, different beaucoup en denſité (1490); de ſorte que l'attraction y étant fort inégale, les rayons y doivent éprouver un grand nombre de réfractions & de réflexions, & ne peuvent, par conſéquent, paſſer à travers ces corps en lignes droites.

1492. Les corps noirs ſont les plus propres à intercepter la lumiere : c'eſt pourquoi les Aſtronomes font uſage de verres enfumés ou de verres noirs pour obſerver le ſoleil. L'aſtre paroît alors d'un rouge-orangé; parce que le rouge & le jaune, qui ſont les couleurs les plus fortes (1374), pénetrent des épaiſſeurs qui arrêtent les autres couleurs.

C'eſt par cette derniere raiſon que le ſoleil, regardé au travers d'un brouillard ou d'un nuage mince, paroît d'un rouge tirant ſur l'orangé.

1493. Un moyen ſûr d'intercepter toute lumiere avec des corps tranſparens, c'eſt de lui en oppoſer deux, de couleurs primitives, un peu éloignées l'une de l'autre : tels qu'un rouge & un vert. Celui des deux qui ſe préſente le premier à la lumiere, ne laiſſe paſſer qu'une couleur que l'autre ne peut tranſmettre : tous deux enſemble produiſent donc l'opacité parfaite.



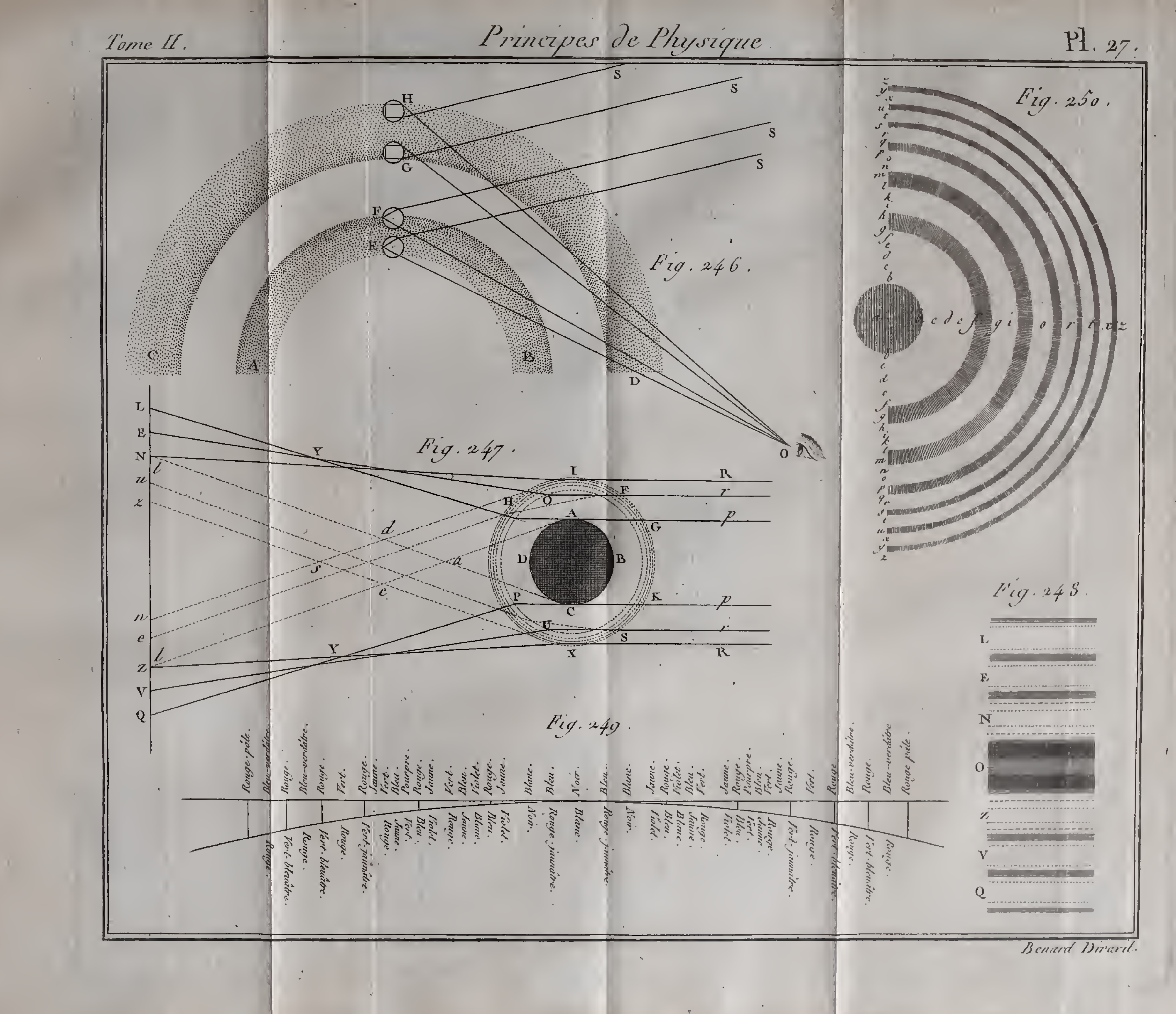
CHAPITRE XV.

De la Viſion des Objets.

1494. LA viſion des objets eſt l'idée que nous concevons d'eux, en conſéquence des impreſſions qu'ils font ſur nos yeux par le moyen de la lumiere. C'eſt donc l'action de l'ame par laquelle nous appercevons les objets viſibles, à l'occaſion des impreſſions qu'ils font ſur l'organe de la vue.

1495. La maniere dont l'ame juge des objets à l'occaſion de ces impreſſions, eſt trop métaphyſique, pour que nous nous en occupions. Nous allons rendre raiſon de ce qu'il y a de phyſique dans la viſion : nous laiſſerons le reſte à expliquer aux Métaphyſiciens ; ils s'en tireront comme ils pourront.

1496. L'œil eſt l'organe deſtiné à recevoir les impreſſions de la lumiere. Tant qu'il eſt bien ſain, il peut ſuffire à tous nos beſoins : mais s'il devient malade, ou que nous exigions de lui ce qu'il ne peut pas faire ſeul, l'Art vient à ſon ſecours, en lui fourniſſant des inſtrumens propres à remédier à ces défauts.



Benard Direxit.

1497. Nous pouvons donc diſtinguer deux ſortes de viſions, ſavoir, la viſion naturelle, qui eſt celle qui ſe fait par le moyen des yeux ſeuls; & la viſion artificielle, qui eſt celle qui eſt aidée, ou augmentée par les inſtrumens d'Optique.

De la Viſion naturelle.

1498. Les phénomenes de la viſion & la maniere dont elle s'exécute, ſont un des points les plus importans de la Phyſique. Tout ce que *Newton* & d'autres ont découvert ſur la nature de la lumiere & des couleurs, ſur les loix de la réflexion, de la réfraction & de l'inflexion des rayons, ſe rapporte à cette théorie. Mais pour rendre raiſon de ces phénomenes, il faut bien connoître l'organe, ou du moins les parties de cet organe au moyen deſquelles ils s'exécutent.

1499. L'œil eſt un globe compoſé de pluſieurs parties, dont les unes ſont plus ou moins fermes, & repréſentent une eſpece de coque formée par l'aſſemblage de différentes couches membraneuſes, appelées *tuniques* ou *membranes*. Les autres parties ſont plus ou moins fluides : elles ſont renfermées dans les intervalles compris entre ces membranes : on les nomme *humeurs*.

1500. L'œil eſt ſitué dans cette cavité oſſeuſe de la tête qu'on nomme *orbite*, & dont la figure

approche de celle d'un cône. Il eſt couvert en devant par les paupieres, chacune deſquelles eſt bordée d'une rangée de petits poils aſſez roides, appelés *cils*. Ces paupieres ſont deux prolongemens de la peau, bordés dans leurs extrémités d'un cartilage nommé *tarſe*, & garnis dans toute leur étendue des muſcles qui ſervent à les mouvoir.

1501. Le globe de l'œil ſe trouve joint aux paupieres par une membrane mince & naturellement blanche, qu'on appelle *conjonctive* ou *albuginée*, & vulgairement *blanc de l'œil*. Cette membrane eſt attachée par une de ſes extrémités à la circonférence de la cornée tranſparente (1506), & par l'autre aux bords des paupieres : elle eſt, outre cela, attachée par ſa partie moyenne aux bords de l'orbite (1500). Cette membrane tapiſſe tout l'intérieur des paupieres & la partie antérieure de la tunique de l'œil, nommée *cornée opaque* (1506).

1502. On trouve entre l'orbite & le globe de l'œil ſes muſcles, ſes vaiſſeaux & quantité de graiſſe qui facilite ſes mouvemens. Les muſcles de l'œil ſont au nombre de ſix, ſavoir, quatre droits & deux obliques. Le premier des droits, qui eſt en deſſus, ſert à relever l'œil, & eſt appelé, à cauſe de cela, *muſcle releveur* ou *ſuperbe* : le ſecond, qui eſt en deſſous & antagoniſte

gonifte au premier, fert à abaiffer l'œil; on le nomme *abaiffeur* ou *humble :* le troifieme, qui eft du côté intérieur de l'œil, fert à faire tourner l'œil vers le nez, & s'appelle *adducteur*, ou *lifeur*, ou *buveur ;* parce que, lorfqu'on lit ou qu'on boit, on tourne les deux yeux vers le nez : le quatrieme, qui eft du côté extérieur, & dont l'ufage eft de faire tourner l'œil du côté oppofé au nez, fe nomme *abducteur* ou *dédaigneux*, parce qu'on tourne l'œil ainfi, lorfqu'on regarde quelqu'un avec mépris. Quand ces quatre mufcles agiffent fucceffivement & de fuite, ils font faire à l'œil un mouvement en rond; & quand ils agiffent tous enfemble & de concert, ils tendent à applatir l'œil, & à le rendre moins convexe.

1503. Le premier des mufcles obliques de l'œil eft connu fous le nom de *grand oblique* ou *grand trochléateur*, & fert à faire faire à l'œil certains mouvemens qui expriment les yeux doux. Le fecond fe nomme *petit oblique* ou *petit trochléateur*, & fait faire à l'œil ces mouvemens qui témoignent de l'indignation. Ces deux mufcles agiffant enfemble & de concert, fervent à porter en avant le globe de l'œil, à l'alonger & le rendre plus convexe. Et il eft probable que, quand les fix mufcles agiffent tous à la

fois, ils obligent le globe de l'œil à s'applatir, & le rendent par-là moins convexe.

1504. Les quatre mufcles droits (1502) ont leur attache fixe dans le fond de l'orbite (1500), à la circonférence du trou par où paffe le nerf optique (1507), & qu'on appelle pour cela *trou optique ;* ils ont leur attache mobile au bord antérieur de la cornée opaque (1506). Le grand oblique (1503) a fon attache fixe au fond de l'orbite, paffe enfuite fon tendon par un anneau cartilagineux, nommé *trochlée*, fitué du côté du grand angle de l'œil au bord de l'orbite, & va fe terminer à la partie poftérieure du globe, où il a fon attache mobile. Le petit oblique a fon attache fixe au bord inférieur de l'orbite du côté du petit angle, & fon attache mobile à la partie poftérieure du globe.

1505. Nous avons dit (1499) que le globe de l'œil eft compofé de membranes & d'humeurs. On diftingue fes membranes en communes & en propres : les communes font la cornée, l'uvée & la rétine : les propres font l'arachnoïde, & l'hyaloïde. Il y a trois fortes d'humeurs, favoir, l'humeur aqueufe, l'humeur cryftalline, & l'humeur vitrée.

Fig. 251. 1506. La cornée F E *e f* F (*fig.* 251.) renferme toutes les parties qui compofent le globe de l'œil : cette membrane eft tranfparente en devant, &

opaque dans le reste de son étendue. On nomme sa portion transparente F*f*, *cornée transparente*; & sa portion opaque F E *e f*, *cornée opaque* où *sclérotique*.

1507. La seconde membrane KHG *g h k*, qui est appelée *uvée*, est percée en-devant d'un trou rond A, nommé *pupille* ou *prunelle* : ce trou est bordé d'un cercle peint de différentes couleurs ; c'est pourquoi on lui a donné le nom d'*iris*. Au delà de ce cercle se voit une ligne blanche circulaire, que l'on nomme *ligament ciliaire*. La pupille A peut se dilater par l'action des fibres longitudinales A*b* (*fig.* 252.), ou se rétrécir par la contraction des fibres circulaires *c c c*, qui se remarquent à la face postérieure de l'iris. La portion de l'uvée H G *g h* (*fig.* 251.), comprise depuis le ligament ciliaire jusqu'au nerf optique N, & connue sous le nom de *choroïde*, est composée de deux lames, dont l'intérieure se nomme *membrane de Ruysch*. Cette lame, vis-à-vis le ligament ciliaire, se prolonge en s'avançant sur la portion antérieure de l'humeur vitrée (1511), joignant le cristallin (1510) ; & c'est le prolongement plissé BB de cette membrane que l'on nomme *productions ciliaires*.

Fig. 252.

Fig. 251.

1508. La troisieme membrane L L L est nommée *rétine* : elle tapisse la face interne de la membrane de Ruysch, & s'avance jusqu'au cristallin

C*n*C, où elle ſe termine. Elle paroît n'être qu'une matiere blanchâtre, & preſque tranſparente, à peu près ſemblable à celle du pain à chanter mouillé : mais étant lavée dans l'eau, elle reſſemble à une toile très-fine garnie de vaiſſeaux. Elle eſt formée par l'épanouiſſement du nerf optique N ; & pluſieurs Anatomiſtes la regardent comme l'organe immédiat de la viſion : cependant d'autres prétendent que l'organe immédiat eſt la membrane de Ruyſch (1507).

1509. Les humeurs de l'œil ſont, comme nous l'avons dit (1505), au nombre de trois. La premiere ou la plus antérieure eſt nommée *humeur aqueuſe* : elle occupe l'eſpace qui eſt entre la cornée tranſparente (1506) & l'iris (1507), & de plus celui qu'on dit ſe trouver entre la partie poſtérieure de l'iris & le criſtallin C*n*C, auxquels eſpaces on a donné le nom de *chambre antérieure de l'œil*, & qui communiquent enſemble par la pupille A. Ce qu'on appelle *chambre poſtérieure de l'œil*, eſt l'eſpace dans lequel ſont contenues les deux autres humeurs ; ſavoir, la criſtalline (1510), & la vitrée (1511).

1510. La ſeconde humeur C*n*C, qui eſt nommée *humeur criſtalline*, ou ſimplement le *criſtallin*, eſt ſituée immédiatement après l'humeur aqueuſe, derriere l'iris (1507), & vis-à-vis la prunelle A. Elle a une conſiſtance aſſez ferme :

ſa figure eſt lenticulaire, ayant cependant plus de convexité dans ſa partie poſtérieure *n*, que dans ſa partie antérieure. Pluſieurs Anatomiſtes penſent que cette humeur eſt renfermée dans une enveloppe ou membrane particuliere, auſſi tranſparente qu'elle, qu'ils ont nommée *arachnoïde* (1505).

1511. La troiſieme humeur, nommée *humeur vitrée*, eſt contenue dans tout le reſte de la capacité intérieure du globe de l'œil L L L *n*, & occupe, comme l'on voit, plus des trois quarts de cette capacité. On la nomme *vitrée*, parce qu'on la compare, par ſa tranſparence, à une maſſe de verre. Elle eſt creuſée dans ſa partie antérieure; & c'eſt dans cette cavité, communément appelée le *chaton de l'humeur vitrée*, qu'eſt reçue la convexité poſtérieure C *n* C du criſtallin (1510). La membrane dans laquelle cette humeur eſt contenue, & qu'on appelle *hyaloïde* (1505), eſt double: elle forme pluſieurs cellules; & c'eſt dans la duplicature de cette membrane qu'eſt logé le criſtallin (1510).

1512. Ces trois humeurs ne ſont pas de même denſité. L'humeur aqueuſe (1509), qui a à peu près celle de l'eau, eſt moins denſe que les deux autres: l'humeur criſtalline (1510) eſt la plus denſe des trois, l'humeur vitrée (1511) étant plus denſe que l'humeur aqueuſe, &

moins denſe que l'humeur criſtalline. Ces notions vont nous ſervir pour faire voir la route de la lumiere dans la viſion des objets.

1513. L'œil ſe trouve garanti des injures extérieures, non ſeulement par la cavité oſſeuſe, appelée *orbite* (1500), dans laquelle il eſt renfermé, mais encore par les deux paupieres, dont les bords ſont toujours tendus par des cartilages ; ce qui rend leur application plus exacte.

1514. On donne aux cils (1500) l'uſage d'arrêter, pendant la veille, les petits corps qui voltigent dans l'air, & qui pourroient ternir la cornée tranſparente (1506).

1515. Quant aux muſcles de l'œil (1502 *& ſuiv.*), ils ſervent en général à le tourner différemment vers les objets que nous regardons ; ce qu'ils font d'autant plus aiſément, que la figure ronde du globe de l'œil, la molleſſe de la graiſſe qui l'entoure, & la flexibilité des nerfs qui le retiennent, le diſpoſent beaucoup à céder à la moindre action de ſes muſcles.

1516. Quant aux membranes de l'œil, leur uſage eſt d'en contenir les humeurs (1505) ; & celui des humeurs eſt de modifier les rayons de lumiere de façon à les réunir ſur la rétine (1508), pour y faire les impreſſions néceſſaires pour exciter cette ſenſation qu'on nomme *viſion*. Voyons maintenant comment cela s'exécute.

1517. On doit concevoir que de chaque point d'un objet éclairant ou éclairé A (*fig.* 253.) *Fig.* 253. part un nombre indéfini de rayons de lumiere *r*, *r*, *r*, qui ſont lancés ou réfléchis dans tous les ſens, & vers chaque point de l'eſpace environnant (1188). Ceux d'entre eux qui tombent ſur la cornée tranſparente C C, laquelle répond à la prunelle *p*, forment, par leur arrangement, une pyramide ou un cône C A C, dont le ſommet A eſt du côté de l'objet, & la baſe C C eſt appuyée ſur la cornée tranſparente. Comme nous n'appercevons les objets qu'au moyen de l'impreſſion que font ces rayons de lumiere ſur la rétine, s'ils alloient y porter la baſe de la pyramide, ils y feroient de larges & foibles impreſſions, qui ſe confondroient avec celles des points voiſins; différens points de l'objet ſe feroient donc ſentir ſur la même partie de l'organe, & la viſion ſeroit par-là très-confuſe. Pour obvier à cela, & pour que ces rayons faſſent ſur la rétine les impreſſions ſuffiſantes pour rendre la viſion forte & diſtincte, il eſt néceſſaire que ces rayons ſe convertiſſent en un autre cône oppoſé au premier par ſa baſe, & dont le ſommet aille toucher le fond de l'œil; c'eſt-à-dire, qu'il faut que ces rayons A C, A C, ainſi que les intermédiaires, en traverſant les humeurs de l'œil, s'inclinent les uns vers les autres, de fa-

çon à converger tous ensemble précisément sur la rétine, comme en *a*. Or voici comment cela s'opere.

1518. Ces rayons, avant de parvenir à la rétine, souffrent trois réfractions ; la premiere, en passant de l'air dans l'humeur aqueuse ; la seconde, en passant de l'humeur aqueuse dans le cristallin ; & la troisieme, en passant du cristallin dans l'humeur vitrée. Pour bien entendre ceci, supposons l'objet A (*fig.* 254.) envoyant à l'œil trois rayons de lumiere AB, AF, AL. Je dis que par le moyen des trois réfractions que deux de ces rayons AF, AL souffriront, en traversant les trois humeurs de l'œil, les trois rayons iront se réunir sur la rétine au point *a*.

Fig. 254.

1519. Pour le concevoir, rappelons-nous ce que nous avons dit ci-dessus, en établissant les principes de dioptrique : 1°. un rayon de lumiere passant perpendiculairement d'un milieu dans un autre, ne souffre aucune réfraction, de quelque densité que soit le milieu dans lequel il entre (1284) : 2°. un rayon de lumiere passant obliquement d'un milieu plus rare dans un plus dense, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire (1285 & 1288) : 3°. un rayon de lumiere passant obliquement d'un milieu plus dense dans un plus rare, se réfracte en s'éloignant de la perpendiculaire (1288). Ainsi le

rayon AB, paſſant perpendiculairement de l'air dans toutes les humeurs de l'œil, doit ſe rendre en droite ligne ſur la rétine au point *a*. Mais les rayons AF, AL, paſſant obliquement de l'air dans l'humeur aqueuſe, qui eſt plus denſe que l'air (1512), doivent néceſſairement ſe réfracter en s'approchant, l'un de la ligne SF, & l'autre de la ligne SL, qui ſont les perpendiculaires à la ſurface, non ſeulement de la cornée tranſparente FBL, mais encore de l'humeur aqueuſe qu'elle contient, puiſque ces lignes partent du point S, centre de la convexité de ces ſurfaces. Cette premiere réfraction les fait donc arriver, l'un au point K, & l'autre au point I; ce qui, les faiſant approcher l'un de l'autre, les rend convergens.

1520. Par la même raiſon, ces deux rayons AFK, ALI, paſſant obliquement de l'humeur aqueuſe dans le criſtallin, qui eſt plus denſe que l'humeur aqueuſe (1512), doivent auſſi ſe réfracter en s'approchant, l'un de la ligne PK, & l'autre de la ligne PI, qui ſont les perpendiculaires à la convexité antérieure KI du criſtallin KINM; puiſque ces lignes partent du point P, centre de cette convexité. Cette ſeconde réfraction les fait donc arriver, l'un au point M, & l'autre au point N; ce qui, les faiſant approcher l'un de l'autre, les rend plus convergens qu'ils ne l'étoient.

1521. Par la raiſon contraire, les deux rayons AFKM, ALIN, paſſant obliquement du criſtallin dans l'humeur vitrée, qui eſt moins denſe que le criſtallin (1512), doivent ſe réfracter en s'éloignant, l'un de la ligne OM, & l'autre de la ligne ON, qui ſont les perpendiculaires à la convexité poſtérieure MN du criſtallin KINM, & en même temps à la concavité de l'humeur vitrée, dans laquelle eſt logée cette convexité du criſtallin; puiſque ces lignes partent du point O, centre de cette convexité & de cette concavité. Or cette troiſieme réfraction, en les faiſant s'éloigner de ces perpendiculaires, les rapproche encore l'un de l'autre; ce qui leur donne le degré de convergence néceſſaire pour qu'ils aillent ſe réunir ſur la rétine au point *a* avec le rayon AB*a*. Voilà donc les deux cônes FAL, F*a*L oppoſés par leurs baſes, que nous avons dit (1517) être néceſſaires pour rendre la viſion forte & diſtincte; puiſque leur impreſſion ſur le point *a* eſt faite avec toute la lumiere qui peut paſſer par la prunelle KI, & qui eſt raſſemblée dans un ſi petit eſpace, que cette impreſſion ne pourroit pas anticiper ſur les impreſſions que feroient les points voiſins, s'il y en avoit.

1522. En effet, ſuppoſons la fleche ADB
Fig. 255. (*fig.* 255.) envoyant de chacun de ſes points

éclairés des pyramides de lumiere A M C, D*ei*, B C N, &c. sur la cornée transparente M N; toutes ces pyramides se croisent dans la prunelle C (1206 & 1207). Pour plus de clarté, ne faisons attention qu'aux axes A C, D C, B C, de ces pyramides qui sont des rayons simples: le rayon D C arrivera sur la rétine au point *d*; le rayon A C arrivera au point *a*, & le rayon B C arrivera au point *b*. D'après ce que nous venons de dire (1519, 1520 & 1521), il est clair que les rayons qui composent la pyramide D *e i*, souffriront, en traversant les humeurs de l'œil, des réfractions qui les feront converger précisément au point *d*, où ils peindront l'image du milieu de la fleche: par des raisons semblables, les rayons qui composent la pyramide A M C, souffrant les mêmes réfractions, iront converger précisément au point *a*, où ils peindront l'image de la pointe de la fleche; & les rayons qui composent la pyramide B C N, iront converger précisément au point *b*, où ils peindront l'image de l'autre extrémité de la fleche; il en sera de même de toutes les autres pyramides, qui, partant des différens points éclairés de l'objet, placés entre A & D, ainsi qu'entre D & B, viendront appuyer leurs bases sur l'œil: elles iront converger sur la rétine, & y peindre l'image du point de l'objet d'où elles partent;

& cela dans un ordre relatif à celui qu'obſervent les deux pyramides extrêmes AMC, BCN, dont nous venons de parler ; ce qui placera l'image de la fleche ſur la rétine dans une ſituation renverſée.

1523. Puiſque les images des objets ſe peignent ſur la rétine dans une ſituation renverſée, pourquoi donc les voyons-nous dans une ſituation droite ? En voici la raiſon. Nous voyons toujours l'objet dans la direction du rayon, ou, ce qui eſt la même choſe, dans la direction de l'axe de la pyramide qui nous en apporte l'image (1207) : ainſi l'œil verra la pointe de la fleche (laquelle eſt peinte dans le bas de l'œil) dans la direction *a* A, & par conſéquent en haut ; il verra au contraire l'autre extrémité de la fleche (laquelle eſt peinte dans le haut de l'œil) dans la direction *b* B, & par conſéquent en bas : donc il verra la fleche dans une ſituation droite, quoique ſon image ſoit peinte ſur la rétine dans une ſituation renverſée.

1524. Les humeurs des yeux ſont donc capables de raſſembler dans un point les rayons qui compoſent chaque pyramide. Mais ce point eſt d'autant plus loin, que les rayons incidens ſont plus divergens ; car alors ils ſont moins diſpoſés à ſe réunir : au contraire, ce point eſt d'autant plus près, que les rayons incidens ſont moins di-

vergens ; car ils ſont alors plus diſpoſés à ſe réunir. Suppoſons que les rayons A *b*, A *d* (*fig.* 256.), partant du point A, aient, en arrivant à l'œil *b d* D D, le degré de divergence préciſément néceſſaire pour qu'en traverſant les humeurs de cet œil, ils aillent converger tout juſte ſur la rétine en *g* ; il eſt évident que, ſi rien ne change dans l'état de cet œil, des rayons plus divergens, tels que B *b*, B *d*, comme partant d'un point plus près de l'œil que n'eſt le point A, arriveront au fond de l'œil avant d'être réunis, & n'iroient converger que plus loin ; comme, par exemple, en *e* : au contraire, des rayons moins divergens, tels que C *b*, C *d*, comme venant de plus loin, ſe réuniront avant d'être arrivés au fond de l'œil, par exemple, en *f*. Dans l'un & l'autre cas, la viſion ſeroit confuſe, parce qu'ils y feroient des impreſſions trop larges (1517). *Fig.* 256.

1525. Cependant, quoique la divergence des rayons diminue à meſure que l'objet s'éloigne, & qu'elle augmente à meſure que l'objet ſe rapproche, la viſion eſt diſtincte à différentes diſtances. En voici les raiſons. 1°. Le globe de l'œil, étant flexible, peut s'applatir par l'action des muſcles droits (1502), & s'alonger par l'action des muſcles obliques (1503) : 2°. par cet applatiſſement, la cornée & le criſtallin

s'approchent du fond de l'œil, & la cornée perd de sa convexité; les rayons C*b*, C*d*, trop peu divergens, sont donc moins rompus à cause de leur moindre obliquité d'incidence (1283), & ont en même temps moins de chemin à faire pour atteindre le fond de l'œil; de sorte que le point *f* de leur réunion peut y arriver. Au contraire, par l'alongement du globe de l'œil, la cornée & le cristallin s'éloignent du fond de l'œil, & la cornée devient plus convexe; les rayons B*b*, B*d*, trop divergens, sont donc plus rompus à cause de leur plus grande obliquité d'incidence, & ont en même temps plus de chemin à faire pour joindre le fond de l'œil: ce fond peut donc se trouver aussi loin du cristallin que le point *e* de leur convergence.

1526. La cornée transparente *b d* fait portion d'une sphere plus petite que le globe de l'œil; elle est, par conséquent, saillante. Cette saillie fait que nous appercevons des objets placés vers les côtés, que nous ne verrions pas sans elle.

1527. La pupille pouvant se dilater ou se rétrécir à volonté (1507), nous sert à mesurer la quantité de lumiere dont nous avons besoin, suivant le plus ou le moins de sensibilité de nos yeux, & suivant les circonstances. Lorsque nous passons d'un endroit fort éclairé dans un endroit qui l'est peu, la pupille se dilate pour

recevoir le plus de lumiere possible ; sans quoi nous ne verrions les objets que quelques momens après ; c'est-à-dire, lorsque l'impression de la vive lumiere qui avoit affecté nos yeux, seroit diminuée. Au contraire, lorsque nous passons d'un endroit obscur dans un lieu fort éclairé, la pupille se rétrécit, parce qu'alors le trop grand jour nous blesse.

1528. Il est certain que l'image du même objet se peint dans nos deux yeux ; & cependant l'objet ne nous paroît pas double. Cela ne vient pas, comme l'ont dit plusieurs Auteurs célebres, de ce que nous ne faisons agir qu'un de nos yeux à la fois, & de ce que, de ces deux organes, il y en a toujours un qui se repose. Il est certain qu'on voit des deux yeux le même objet, & que les deux images influent sur la vision & contribuent à la sensation ; car on voit mieux & plus fortement des deux yeux qu'avec un seul, ce que l'on peut éprouver en fermant l'un des deux : on se fatigue moins la vue, & l'on juge plus promptement & plus sûrement de ce que l'on regarde. Voici donc comment on peut résoudre cette question.

1529. Soient deux yeux D & G (*fig.* 257.) dirigés vers le même objet AB. Les membranes qui tapissent le fond de ces yeux, sont un tissu de fibres qui appartiennent aux nerfs optiques ; *Fig.* 257.

& il eſt vraiſemblable que, dans les deux yeux d'un même individu, ces membranes ſe reſſemblent, pour l'ordinaire, par le nombre, l'arrangement, & peut-être par le degré de reſſort des filets nerveux qui les compoſent. Cela étant ainſi, dès que les deux yeux D & G ſe dirigent vers un même objet A B, les images *a b*, *a b* tombent dans l'un & dans l'autre ſur des parties ſemblables & correſpondantes, 1, 2; 1, 2, du tiſſu dont nous venons de parler; & les deux ſenſations qui en réſultent, étant, pour ainſi dire, à l'uniſſon l'une de l'autre, & portées au ſiége de l'ame par un ſeul organe, puiſque les deux nerfs optiques ſe réuniſſent en une ſeule branche qui va ſeule au *ſenſorium*; ces deux ſenſations, dis-je, ne font naître dans l'ame qu'une ſeule & même idée, plus forte & mieux terminée que par une ſeule image, mais toujours identique, à peu près comme le ſon qui frappe les deux oreilles (1028), ou l'odeur qu'on reçoit ſur les deux membranes pituitaires.

1530. Il ſuit de là qu'on doit voir l'objet double, quand les deux images tombent au fond des yeux ſur des parties qui ne ſont pas analogues ou correſpondantes; comme ſi dans l'œil droit D l'image *a b* tomboit ſur la partie 1, 2, tandis que dans l'œil gauche G l'image

a b

ab du même objet tomberoit sur la partie 2, 3; & c'est en effet ce qui arrive, quand les parties semblables ne se trouvent pas tournées du côté du même objet; comme on peut l'éprouver soi-même, en pressant un peu de côté l'un des deux yeux, pour le détourner.

1531. On a les mêmes apparences, si l'on dirige les deux yeux sur un objet, vis-à-vis duquel en est un autre ou plus près ou plus loin; ce dernier est vu double. Supposons, par exemple, un bâton debout, placé à 10 ou 12 pieds de distance: dressez un de vos doigts à 10 ou 12 pouces devant vos yeux; puis regardez le bâton, vous verrez votre doigt double; regardez votre doigt, vous verrez le bâton double.

1532. Nous jugeons de la distance d'un objet par le degré de divergence des rayons qui composent chaque pyramide venant de chaque point (1191); mais nous jugeons plus sûrement de cette distance, lorsque nous dirigeons les deux axes optiques sur l'objet: nous jugeons cette distance à l'endroit où les deux axes se croisent. Un borgne juge donc moins bien les distances que ne le fait celui qui jouit de ses deux yeux. On appelle *axe optique*, une ligne droite qui tombe perpendiculairement sur l'œil & passe par son centre; de sorte qu'elle se trouve dans le prolongement de l'axe du globe de l'œil.

1533. Nous jugeons les grandeurs apparentes des objets par les angles visuels (1189). Les grandeurs apparentes d'un objet éloigné sont donc réciproquement comme ses distances ; c'est-à-dire, que, s'il est une fois plus éloigné dans un cas que dans un autre, il paroît une fois plus petit dans le premier cas que dans le second.

1534. Deux ou plusieurs objets vus sous le même angle, & qui ont par conséquent des grandeurs apparentes égales, ont des grandeurs réelles proportionnelles à leurs distances. Ainsi, si un objet A, étant vu sous le même angle sous lequel on voit l'objet B, est à une distance triple de celle de l'objet B, la grandeur réelle de l'objet A est triple de celle de l'objet B. C'est ainsi qu'on a jugé les grosseurs respectives des planetes, lorsqu'on a connu leurs distances.

1535. Mais cette proposition (1534) ne doit être regardée comme vraie, que quand les objets que l'on compare sont l'un & l'autre fort éloignés, quoiqu'à des distances inégales. Car si les objets sont à des distances assez petites de l'œil ; leurs grandeurs apparentes ne sont pas jugées proportionnelles aux angles visuels, ni à leurs distances. Un géant de 6 pieds est vu, à 6 pieds de distance, sous le même angle qu'un nain de 2 pieds, vu à 2 pieds de distance ; ce-

pendant le nain eſt jugé beaucoup plus petit que le géant. Cela vient de ce que, lorſque nous connoiſſons bien les objets dont nous comparons les grandeurs, cette connoiſſance influe beaucoup ſur notre jugement.

1536. Si l'œil eſt placé au deſſus d'un plan horizontal, les différentes parties de ce plan paroîtront s'élever à proportion qu'elles ſeront plus éloignées, juſqu'à ce qu'enfin elles paroiſſent de niveau avec l'œil. Car, en s'éloignant, elles paroiſſent plus rapprochées de l'axe optique (1532); puique les rayons qu'elles envoient à notre œil, font avec l'axe optique des angles plus aigus que ceux que font avec ce même axe les rayons qui partent des parties qui ſont plus près de nous. C'eſt la raiſon pour laquelle ceux qui ſont ſur le rivage de la mer, s'imaginent qu'elle s'éleve à proportion qu'ils fixent leur vue à des parties de la mer plus éloignées.

1537. Par la même raiſon, ſi l'on place au deſſous de l'œil un nombre quelconque d'objets dans le même plan, les plus éloignés paroîtront les plus élevés; & ſi ces mêmes objets ſont placés au deſſus de l'œil dans un ſemblable plan, les plus éloignés paroîtront les plus bas.

1538. Les parties les plus éloignées d'un long mur bien droit paroiſſent, par la même raiſon,

à quelqu'un qui en eſt peu éloigné, ſe courber vers lui. De même les parties ſupérieures des objets élevés, comme, par exemple, des hautes tours, paroiſſent, à quelqu'un qui en eſt aſſez près, s'incliner ſur lui, & cela quelquefois d'une maniere effrayante. Qu'on ſe couche ſur le dos à 5 ou 6 pieds d'une tour élevée, & qu'on en regarde le haut, on appercevra le phénomene dont je parle.

1539. Si la diſtance entre deux objets viſibles forme un angle inſenſible; ces objets, quoiqu'éloignés l'un de l'autre, paroîtront comme s'ils étoient contigus. D'où il ſuit que (un corps continu n'étant que le réſultat de pluſieurs corps contigus), ſi la diſtance entre pluſieurs objets viſibles n'eſt apperçue que ſous des angles inſenſibles, tous ces différens corps ne paroîtront qu'un même corps continu. C'eſt là ſans doute la raiſon pour laquelle l'anneau de Saturne (1765) ne nous paroît qu'un ſeul corps continu, quoique les Aſtronomes le regardent comme un aſſemblage d'un grand nombre de petits ſatellites placés aſſez proches les uns des autres.

1540. Si l'œil s'avance directement d'un endroit à un autre, ſans qu'on s'apperçoive de ſon mouvement, un objet latéral à droite ou à gauche paroîtra ſe mouvoir en ſens contraire. C'eſt pour cette raiſon que, quand on eſt dans

un bateau qui se meut avec beaucoup d'uniformité & sans secousses, le rivage & tous les lieux d'alentour paroissent se mouvoir & fuir, pour ainsi dire, en sens contraire à celui dans lequel ce bateau se meut, & avec une vîtesse égale à celle du bateau. C'est en effet une regle générale d'optique que, quand l'œil est mu sans qu'il s'apperçoive de son mouvement, il transporte ce mouvement aux corps extérieurs, & juge qu'ils se meuvent en sens contraire. C'est ainsi que nous attribuons aux corps célestes des mouvemens qui appartiennent réellement à la terre que nous habitons.

1541. Dans la même supposition, savoir que l'œil ne s'apperçoit pas de son mouvement, si l'œil & l'objet se meuvent tous deux sur des lignes paralleles & dans le même sens, mais que le mouvement de l'œil soit plus rapide que celui de l'objet, l'objet paroîtra se mouvoir en arriere.

1542. Si l'on fixe deux ou plusieurs objets éloignés, qui se meuvent avec des vîtesses égales, & qu'un troisieme soit en repos, les objets qui se meuvent réellement paroîtront fixes, & celui qui est en repos paroîtra se mouvoir en sens contraire. Ainsi quand des nuages, placés devant la lune, sont emportés rapidement & qu'on les fixe, & que leurs parties paroissent

toujours conserver entre elles leurs situations respectives, il semble que la lune va en sens contraire. Cela vient de ce que l'œil, qui regarde les nuages, les suit machinalement, & par-là les croit fixes : s'il regardoit la lune, il appercevroit le mouvement des nuages.

1543. Si le centre de la prunelle, ou, ce qui est la même chose, l'axe optique (1532) se trouve exactement vis-à-vis ou dans la direction d'une ligne droite, cette ligne ne paroîtra que comme un point; parce que, dans ce cas-là, l'œil n'en peut voir que l'extrémité.

1544. Si l'œil est placé dans le plan d'une surface, de maniere qu'il n'y ait qu'une ligne du périmetre qui puisse former son image sur la rétine, cette surface paroîtra comme une ligne; parce qu'on n'en peut voir que le bord.

1545. Si un solide est opposé directement à l'œil de maniere qu'il ne puisse recevoir des rayons que du plan d'une de ses surfaces, ce solide aura l'apparence d'une surface; parce que, dans ce cas-là, l'œil ne peut voir qu'une de ses faces.

1546. Un arc éloigné, vu par un œil qui est dans le même plan, n'aura l'apparence que d'une ligne droite; parce que tous ces points paroîtront également éloignés (1211); on n'appercevra donc pas sa courbure (1214).

1547. Une ſphere, vue à quelque diſtance, paroît comme un cercle ; parce que toutes ſes parties nous paroiſſant également éclairées, nous paroiſſent également éloignées (1211). Auſſi la lune & le ſoleil nous paroiſſent des plans, quoique ce ſoient des globes.

1548. Les figures angulaires paroiſſent rondes dans un certain éloignement ; parce qu'alors, ne les voyant qu'imparfaitement, nous n'appercevons pas les angles.

1549. Si l'œil regarde obliquement le centre d'un cercle éloigné, ce cercle paroît ovale ; parce que le diametre perpendiculaire à l'œil eſt vu en raccourci ; c'eſt-à-dire, que les rayons partant de ſes extrémités forment à l'œil un angle d'autant plus aigu, que l'obliquité eſt plus grande : au lieu que le diametre parallele aux deux yeux eſt vu dans toute ſon étendue. C'eſt pour cela qu'en certains cas, nous voyons à l'anneau de Saturne une figure elliptique, ou à peu près (1767).

Ce ſont-là les principaux phénomenes de la viſion, relativement aux grandeurs & aux figures, ſoit réelles, ſoit apparentes des corps. Voyons maintenant comment nous appercevons les couleurs de chaque objet.

1550. Les couleurs, dans le ſens de la vue, ſont les idées particulieres qui naiſſent ou ſe

réveillent en nous, à l'occaſion des impreſſions qui ſe font ſur l'organe, par les différentes eſpeces de lumiere. Or il eſt probable que les particules de chacune de ces eſpeces de lumiere different des autres par la maſſe (52), la grandeur, la figure, & le degré de vîteſſe de leur mouvement (1373) : elles doivent donc faire ſur l'organe de la vue des impreſſions différentes, comme le font les différens corps ſur l'organe du toucher : une partie ſphérique n'affecte pas notre toucher, comme le fait une partie cubique, triangulaire, &c. Les impreſſions que font ſur l'organe de la vue les différentes eſpeces de couleurs, étant différentes, les ſenſations doivent l'être de même.

1551. Ces idées de couleurs ſe réveillent ou ſubſiſtent en nous indépendamment des cauſes, ſi l'organe reçoit ou conſerve une impreſſion ſemblable à celle qui les fait naître. C'eſt pourquoi, après avoir fixé la vue ſur un objet éclatant, tel que le ſoleil, on continue de le voir, quoiqu'on ferme les yeux. Si ſa couleur n'en eſt pas une ſimple (1378), on voit ſon image ſucceſſivement ſous différentes couleurs ; parce que les différentes eſpeces de lumiere font des impreſſions plus durables les unes que les autres.

1552. La durée de ces ſenſations ne laiſſe pas que d'être ſenſible : elle a été exactement me-

ſurée par M. le Chevalier d'*Arcy*. (*Mém. de l'Acad. des Scienc. an.* 1765, *pag.* 439.). Il réſulte de ſes expériences, que la durée de ces ſenſations eſt de 8 tierces. Il ſuit de là un phénomene qui, au premier coup d'œil, doit paroître ſingulier, mais qui n'en eſt pas moins réel. Le voici. Si un corps parfaitement noir parcouroit un eſpace égal à ſon diametre en moins de 8 tierces, il pourroit paſſer devant nos yeux, tournés vers le jour, ſans que nous nous en apperçuſſions, quelque gros qu'il fût; fût-il gros comme la lune, & même plus; car, dans ce cas-là, la durée de la ſenſation, faite ſur nos yeux par la lumiere du jour, ſeroit plus grande que celle de ſon paſſage.

1553. Puiſque nous ne pouvons rien voir que par le moyen de la lumiere (1182); & que les corps noirs n'en réfléchiſſent point, le noir n'étant qu'une privation de lumiere (1429); par quel moyen voyons-nous donc ce qui eſt noir? Il n'eſt pas difficile de répondre à cette queſtion. Quand nous avons les yeux fixés ſur un corps parfaitement noir, ce n'eſt pas lui que nous voyons; ce ſont les ſurfaces éclairées ou lumineuſes qui l'environnent: la lumiere qu'elles nous envoient fait impreſſion ſur tout le fond de notre œil, excepté à l'endroit qui répond au corps noir, lequel endroit eſt figuré comme le corps lui-même. C'eſt le défaut de ſenſation en cet en-

droit qui nous fait juger de la préſence du corps noir. La preuve de cela, c'eſt que nous jugeons de la même maniere un corps parfaitement noir ou un trou profond, d'où il ne vient aucune lumiere. Si, dans un mur blanc, on fait un trou profond, & qu'on place à côté un morceau de velours bien noir, de la même figure & de la même grandeur que le trou; & qu'enſuite quelqu'un regarde d'un peu loin l'un & l'autre, il ne pourra pas dire ſûrement lequel des deux eſt le trou; parce que tous deux occaſionnent le même défaut de ſenſation.

1554. C'eſt à peu près de cette maniere que nous appercevons les ombres; parce que, quand elles ſont bien noires, elles ne renvoient aucune lumiere. Mais il s'en trouve quelquefois de colorées, comme l'a le premier remarqué *Léonard de Vinci*, habile Peintre Italien, mort à Fontainebleau entre les bras de François I. Il a conſigné ſon obſervation dans un Ouvrage intitulé: *Traité de la Peinture*, où il eſt dit (*chap.* 328.) que, *ſur la fin du jour, les ombres des corps produites ſur un mur blanc, ſont de couleur bleue*; & il a très-bien rendu raiſon de ce phénomene. Le mur blanc eſt éclairé, le ſoir, par la lumiere rougeâtre ou jaunâtre du ſoleil, & par la lumiere azurée du ciel. Si l'on place un corps opaque entre le ſoleil & le mur, il y produit une om-

bre ; c'eſt-à-dire, qu'il empêche la lumiere ſolaire d'arriver en cet endroit : mais la lumiere azurée du ciel n'y eſt pas interceptée ; elle y paroît donc ſeule, & elle ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre, quoique le reſte du mur en ſoit éclairé ; parce que la lumiere ſolaire qui éclaire encore ce reſte, étant plus forte, empêche le bleu de paroître. J'ai quelquefois obſervé ces ombres d'un bleu tirant ſur le violet : c'eſt ce qui arrive lorſque le ciel eſt très-ſerein.

1555. Voici un autre phénomene de la viſion, qui eſt ſingulier, & qui mérite d'être expliqué. Lorſqu'on cligne les yeux, ou qu'on commence à les fermer, ou mieux encore lorſqu'on pleure, & qu'on regarde en même temps une bougie allumée, pluſieurs rayons de lumiere paroiſſent être dardés des parties ſupérieure & inférieure de la flamme, vers les yeux. M. *de la Hire* a très-bien rendu raiſon de ce phénomene. Que B (*fig.* 258.) ſoit la flamme d'une bougie : HH & II, les deux paupieres qui, en clignotant, exprimeront l'humeur de l'œil, laquelle adhérant au bord des paupieres & à l'œil, comme proche de H & de I, formera une eſpece de priſme. La flamme de la bougie B, lançant ſes rayons à travers le milieu de la prunelle, ſe peint renverſée (1522) ſur la rétine en DOX : mais les autres rayons, comme BA, tombant *Fig.* 258.

ſur cette humeur triangulaire en H, ſe rompent comme ceux qui traverſent un priſme de verre, & forment, en s'étendant, la queue DL, qui eſt ſuſpendue à la partie inférieure D de l'image DOX de la flamme, d'où elle nous paroît par conſéquent provenir, & que nous voyons en BM : de même auſſi les rayons BC, venant à tomber ſur l'humeur triangulaire en I, ſe rompent comme s'ils traverſoient un priſme de verre, & s'étendent de la longueur de XK, en formant une autre queue, qui eſt ſuſpendue vers la pointe X de l'image DOX de la flamme, d'où elle paroît provenir, & que, de cette maniere, nous voyons en BN. Car les directions des impreſſions qui ſe font en DL & en XK, & qui nous font voir les rayons BM & BN, ſe croiſent en ſortant de la prunelle. La preuve de cela eſt que, lorſqu'on intercepte les rayons ſupérieurs BAHL, à l'aide d'un corps opaque P, la queue DL diſparoît dans l'œil, & par conſéquent les rayons BM qui paroiſſent dardés par la partie inférieure de la flamme B de la bougie. Mais lorſqu'on intercepte les rayons inférieurs BCIK, la queue XK, qui tient vers la pointe X de l'image DOX de la flamme, diſparoît, de même que les rayons BN qui paroiſſent dardés par la partie ſupérieure de la flamme

B. Comme il se rassemble beaucoup plus d'humeur aux paupieres, lorsqu'on pleure, ce phénomene doit se faire alors bien mieux remarquer; c'est en effet ce que l'expérience confirme.

De la Vision artificielle, & des Instrumens d'Optique.

1556. Nous venons de voir que nos yeux, tant qu'ils sont sains, suffisent à nos besoins, mais non pas toujours à notre curiosité. Car la vision naturelle, même en supposant les organes bien sains, est assujettie à des conditions, & renfermée dans des limites assez étroites. S'il se trouve quelque corps opaque entre l'objet & nous, nous ne le voyons point. Si, quoiqu'il n'y ait aucun obstacle, l'objet est trop éloigné, ou trop petit, nous ne le voyons pas non plus. C'est encore pis, si nos yeux sont affoiblis par l'âge ou par quelque autre cause, ou s'ils sont naturellement mal conformés.

1557. L'art a su remédier à une partie de ces inconvéniens, en nous fournissant des instrumens au moyen desquels nous pouvons voir de nouveau les objets qui ont cessé d'être visibles pour nous, appercevoir ceux qui sont cachés à nos regards directs, & même ceux qu'un trop grand éloignement, ou une extrême petitesse met hors de la portée de notre vue. Ce sont ces instru-

mens que nous allons faire connoître, ainſi que leurs uſages.

Des Lunettes.

1558. Le défaut le plus ordinaire de la vue, & preſque inévitable dans un âge un peu avancé, c'eſt de ne pouvoir plus diſtinguer les petits objets. Lorſqu'ils ſont placés à la diſtance ordinaire, qui eſt de 10 ou 12 pouces, les rayons qui compoſent chaque faiſceau partant de chaque point (1188), ſe trouvent trop divergens, ſoit que l'œil ſe ſoit applati par l'âge, ſoit que ſes humeurs aient perdu une partie de leur pouvoir réfringent; ils arrivent donc au fond de l'œil avant d'être réunis (1524) : ſi l'on place l'objet plus loin, cela diminue, à la vérité, la divergence des rayons (1188), mais l'objet paroît encore plus petit (1189), & les jets de lumiere, partant de chaque point, en deviennent trop rares (1194), & font ſur l'œil une trop foible impreſſion. Pour pouvoir rapprocher l'objet, & ne pas recevoir des rayons trop divergens, on ſe ſert de lunettes, c'eſt-à-dire, de verres convexes, qui diminuent la divergence des rayons (1355). Les perſonnes qui ont ce défaut de la vue ſont appelées *Presbytes*.

1559. L'invention des lunettes eſt de la fin du treizieme ſiecle : on l'a attribuée, ſans preuves ſuffiſantes, au Moine *Roger Bacon*, Cordelier d'Ox-

ford. Voyez ſur cela le *Traité d'Optique de Smith*, & l'*Hioire ſtdes Mathématiques, de M. de Montucla*, *tome* 1, *page* 424. Dans cette même Hiſtoire, on prouve que l'inventeur de ces lunettes eſt probablement un Florentin, nommé *Salvino de gli Armati*, mort en 1317, & dont l'épitaphe, qui ſe liſoit autrefois dans la cathédrale de Florence, lui attribuoit expreſſément cette invention. *Aleſſandro di Spina*, de l'Ordre des Freres Prêcheurs, mort à Piſe en 1313, les avoit auſſi, dit-on, découvertes.

1560. Il eſt très-ſingulier que les Anciens, qui connoiſſoient les effets de la réfraction, puiſqu'ils ſe ſervoient de ſpheres de verre pour enflammer des corps, n'aient pas connu l'effet des verres lenticulaires pour groſſir; mais il eſt encore plus ſingulier qu'entre l'invention des lunettes ſimples, telles que celles dont on ſe ſert pour lire, & qui eſt d'environ 1300, & l'invention des téleſcopes dioptriques (1575), ou lunettes d'approche, il ſe ſoit écoulé 300 ans; car l'invention de ces derniers eſt de la fin du ſeizieme ſiecle.

1561. Un autre défaut de la vue, oppoſé à celui des presbytes (1558), eſt de ne pouvoir diſtinguer les objets que de fort près. Ceux qui ont ce défaut ſont appelés *Myopes*. Ou ils ont les humeurs des yeux (1509) trop convexes,

ou ces humeurs ont un pouvoir réfringent trop grand, ou le globe de l'œil eſt trop alongé, & par-là la rétine (1508) eſt trop éloignée du criſtallin (1510). Il arrive de là que les rayons qui compoſent chaque faiſceau partant de chaque point (1188), ſe trouvent trop peu divergens ; ils ſe réuniſſent donc avant d'être arrivés au fond de l'œil (1524), comme
Fig. 256. en *f* (*fig.* 256.). Pour donner aux rayons le degré de divergence qui leur manque, on ſe ſert de verres concaves, qui augmentent la divergence des rayons (1365). Ceux qui ſont obligés de faire uſage de ces verres, voient, à la vérité, les objets plus petits que nature (1366), mais plus nettement & mieux terminés.

Des Polémoſcopes.

1562. Le polémoſcope eſt un inſtrument par le moyen duquel nous pouvons voir des objets cachés à nos regards directs. La principale piece de cet
Fig. 259. inſtrument eſt un miroir incliné V X (*fig.* 259), placé au fond d'une boîte V X Y, ouverte vis-à-vis du miroir, qui renvoie l'image de l'objet S P R T à l'œil Y du ſpectateur, qui ne peut pas le voir ſans l'inſtrument, à cauſe des obſtacles qu'on ſuppoſe entre cet objet & l'œil. Cet inſtrument a été inventé, en 1637, par *Hévélius*, qui l'a nommé *polémoſcope*, des mots grecs

Fig. 251.

Fig. 252.

Fig. 253.

Fig. 254

Fig. 255.

Fig. 256.

Fig. 257

Benard Direx.

grecs Πολεμὸς, *combat*, & σκέωτομαι, *je vois*, parce qu'on peut s'en servir à la guerre, surtout dans les siéges, pour voir ce qui se passe dans le camp de l'ennemi.

1563. On fera d'un télescope dioptrique (1574), un polémoscope capable de rapprocher les objets, en lui ajoutant une boîte quarrée DCEF (*fig.* 260.), qui porte, sur un de ses côtés, le tuyau portant l'objectif AB (1579), lequel tuyau fait un angle droit avec le corps de l'instrument; & qu'entre le verre objectif AB & l'oculaire G (1579), on dispose dans la boîte un miroir plan K, qui soit incliné de 45 degrés à l'objectif & aux oculaires; & que l'image réfléchie par le miroir K soit au foyer (1357) du verre oculaire G. Par ce moyen, les objets situés vis-à-vis l'objectif AB, paroîtront vis-à-vis l'oculaire G dans la direction GC, de même que si, n'y ayant point le miroir K, l'objectif G, l'oculaire AB & les objets étoient dans une même ligne droite. On ajoute quelquefois un appareil à peu près semblable aux lunettes d'Opéra. Avec une lunette ainsi construite, on peut voir une personne dans la loge voisine, lorsqu'on paroît en regarder une autre dans la loge vis-à-vis. *Fig.* 260.

Des Optiques.

1564. Un optique eſt une boîte dans laquelle des objets aſſez éclairés ſe font voir ſous des images amplifiées & dans l'éloignement, par le moyen de miroirs & de verres convexes. La conſtruction de ces boîtes ſe varie beaucoup : on en fait avec un ou pluſieurs miroirs plans (1238); on en fait avec des miroirs concaves (1252); mais cela ſe réduit toujours à l'eſſentiel, que voici. Dans une boîte, dont la coupe eſt repréſentée
Fig. 259. n°. 2. (*fig.* 259. n°. 2), & qui eſt fermée de tous les côtés, excepté de A en I, on place, dans la partie ſupérieure, un miroir plan D *d*, incliné au fond de la boîte de 45 degrés; & dans un trou fait en E, vers le milieu de la largeur d'un des côtés de la boîte, un verre lenticulaire (1355), dont la longueur du foyer des rayons paralleles (1357) égale à peu près celle des deux lignes E L & L *c*, priſes enſemble. Si le fond & les côtés de la boîte ſon couverts de différens objets, les rayons de lumiere qui en partent (1188), & qui tombent ſur le miroir D *d*, ſont réfléchis au verre lenticulaire E, devant lequel l'œil étant placé, apperçoit les images de tous ces objets amplifiées (1355), dans l'éloignement (1356) & dans la ſituation horizontale E *e*. Les deux

premiers effets résultent des propriétés des verres convexes (1355 & 1356) ; & le troisieme vient des propriétés des miroirs plans (1238). Les points *o* & *p* sont donc représentés en O & en P, les points *m* & *n* en M & en N, &c.

1565. Si sur les deux côtés de la boîte, perpendiculaires à celui où est placé le verre convexe E, on place d'autres miroirs plans paralleles à ces côtés, les images seront multipliées presque à l'infini ; ce qui produit un effet très-agréable. Il faut avoir soin de tourner vers le jour l'ouverture A I. Ces instrumens ne sont que de pure curiosité.

Des Chambres noires.

1566. La chambre noire dont il est ici question, est une chambre fermée exactement de toutes parts, excepté un trou pratiqué au volet de la fenêtre, ou à tel autre endroit qu'on voudra, dans lequel est placé un verre convexe ou lenticulaire (1355), destiné à recevoir les rayons de lumiere réfléchis ou émanés des objets extérieurs, lesquels vont se peindre dans une situation renversée, mais distinctement & avec leurs couleurs naturelles, sur un fond blanc placé au dedans de la chambre, au foyer du verre (1357).

1567. On prétend que *Jean-Baptiste Porta* est le

premier qui ait remarqué l'effet de la chambre noire ; c'est-à-dire, qui ait observé que les objets du dehors s'y dessinent comme des ombres sur la muraille ou sur le plancher. (*Voyez sa Magie naturelle*, imprimée en 1560). Aussi lui en attribue-t-on la premiere invention. En effet, ayant été agréablement surpris de ce phénomene, il l'étudia, le perfectionna, & enseigna le moyen de rendre cette représentation plus distincte, en mettant au trou de la fenêtre un verre lenticulaire, dont le foyer soit à la distance de la muraille ou de tout autre fond blanc.

1568. Depuis ce temps-là, on a fait de ces sortes de chambres portatives, en employant des boîtes construites de différentes façons, dans lesquelles se trouve toujours ce qu'il y a d'essentiel, savoir, un verre lenticulaire qui a son foyer sur un fond blanc, placé dans un lieu obscur. Soit ABCD (*fig.* 259, n°. 3.) une boîte plus longue que large, garnie d'un tuyau E fixé à l'un de ses petits côtés, pour recevoir un autre tuyau mobile F, qui porte un verre lenticulaire, dont le foyer est à la distance du fond A C. On voit que, par les rayons qui se croisent en passant dans le verre F, l'objet H se peint renversé (1359) au fond de la boîte, comme sur le mur de la chambre dont on a parlé ci-dessus ; & l'on en jugera encore mieux, si ce fond AC, au lieu d'être de bois,

Fig. 259. n°. 3.

eſt un morceau de glace dépolie, ou un châſſis garni d'un papier huilé.

1569. Si l'on veut que l'objet paroiſſe droit à quelqu'un qui aura l'œil placé en A, il faut mettre dans la boîte un miroir incliné de 45 degrés, comme G, & que la moitié IKL du couvercle puiſſe s'ouvrir. Alors ſi l'on met la glace dépolie ou le châſſis de papier huilé ſur la partie AL découverte, les rayons réfléchis par le miroir G y peindront l'image de l'objet dans une ſituation droite pour le ſpectateur qui aura l'œil en A.

1570. Comme les rayons de lumiere, qui viennent d'un objet éloigné, ſont moins divergens que ceux qui viennent de plus près (1188), il eſt néceſſaire, pour avoir leur image bien diſtincte, de rendre le tuyau F mobile, afin de pouvoir l'avancer ou le reculer, ſuivant la diſtance des objets qu'on veut voir.

1571. Dans la chambre noire, les images ſont d'autant plus grandes que le foyer du verre lenticulaire eſt plus long; parce que les faiſceaux de rayons qui partent des extrémités de l'objet, ſe reſſerrent moins en traverſant la lentille : car la courbure étant moindre, la réfraction eſt moins forte, puiſque l'obliquité d'incidence n'eſt pas ſi grande (1283). La grandeur de l'image eſt à la grandeur de l'objet, comme la diſtance de l'image au verre F eſt à la diſtance de l'objet à ce même

verre. Car si $a\,b$ est perpendiculaire à $d\,e$, les angles en d & en e sont droits, & les angles en c sont égaux, étant opposés au sommet : donc $f\,g : a\,b :: e\,c : d\,c$. Mais plus le foyer du verre est long, moins la boîte est portative ; car elle ne peut pas avoir une longueur moindre que celle du foyer de la lentille. C'est ce qui a fait imaginer à M. l'*Abbé Nollet* une chambre noire qui est très-légere, qui tient peu de place, qui est aussi aisée à transporter qu'un parapluie, & dont le verre peut avoir 30 pouces de foyer, & même davantage. C'est une pyramide quarrée (*fig.* 259, n°. 4.) formée par quatre tringles de bois A, B, C, D, assemblées par en haut dans un collet E F de même matiere, & par en bas, aux quatre coins d'un châssis G HI K : tous ces assemblages sont à charnieres ; & chaque côté du châssis se brise de même dans son milieu ; de sorte qu'en ouvrant quatre crochets, pour laisser le jeu libre aux charnieres, les montans se plient & se rassemblent comme les baleines d'un parapluie, & à côté d'eux les traverses qui forment le châssis. Le collet E F est percé à jour pour recevoir un tuyau L, garni d'un verre lenticulaire, qui a son foyer à la base de la pyramide. La partie L, plus menue que le reste, reçoit un autre collet M N, qui tourne dessus avec liberté, & qui porte à sa circonférence deux petits tuyaux fendus suivant leur lon-

Fig. 259. n°. 4.

gueur, pour faire ressort. Dans ces tuyaux glissent de haut en bas deux petits montans de métal, qui portent une espece de couvercle O, au fond duquel est ajusté un miroir plan. On fixe aux bords de ce couvercle deux tenons ou pivots diamétralement opposés, qui tournent avec un peu de frottement, dans des trous pratiqués au bout des montans, lesquels sont applatis comme la tête d'un compas. Lorsqu'on a joint le second collet MN au premier EF, on peut donc, sans remuer la pyramide, tourner le miroir vers différens points de l'horizon, & l'incliner autant qu'on le veut, pour chercher les objets qu'on a dessein de voir. Et quand le couvercle O est entiérement baissé, il forme, avec les deux collets, une espece de boîte qui termine la pyramide, & qui renferme le verre & le miroir. On couvre de drap vert (ou mieux encore de damas, afin que les vers n'y fassent pas de trous), doublé en dedans de taffetas noir, trois côtés entiers de la machine, & une partie AEB du quatrieme. En AB & aux parties inférieures des deux tringles, on attache un rideau de quelque étoffe noire un peu épaisse, dont on puisse se couvrir la tête & les épaules. Il faut aussi que l'étoffe des trois autres côtés déborde par en bas de deux ou trois doigts.

1572. Pour faire usage de cette machine, on la pose sur une table couverte d'une feuille de

papier blanc, & l'on se place le dos tourné aux objets P R qu'on veut voir, en avançant un peu sa tête sous le rideau, ayant soin qu'il n'entre pas d'autre jour que celui qui vient par le verre lenticulaire placé dans le tuyau L.

1573. La chambre noire sert à beaucoup d'usages différens. Elle peut servir, comme le polémoscope (1562), dans une place assiégée, à voir ce qui se passe dans le camp de l'ennemi, en alongeant les deux montans de métal, dont nous avons parlé ci-dessus (1571), qui joignent le collet EF au couvercle O, & cela afin de porter le miroir jusqu'au dessus du mur. Elle fournit un spectacle fort amusant, en ce qu'elle présente des images parfaitement semblables aux objets, qu'elle en imite toutes les couleurs, & même les mouvemens, ce qu'aucune autre sorte de représentation ne peut faire. Par le moyen de cet instrument, quelqu'un qui ne sait pas le dessein, pourra néanmoins dessiner les objets avec la plus grande justesse & la derniere exactitude : & celui qui sait dessiner, ou même peindre, pourra encore, par ce même moyen, se perfectionner dans son Art.

Des Télescopes dioptriques.

1574. Les telescopes dioptriques sont des instrumens composés de tuyaux dans lesquels sont combinés des verres, le plus souvent lenticulaires,

& quelquefois concaves. Ces inſtrumens ont la propriété de faire voir diſtinctement des objets éloignés, qu'on n'appercevoit que confuſément, ou même point du tout, à la vue ſimple. Lorſqu'on fait uſage de ces inſtrumens pour les objets terreſtres, on les appelle *Lunettes*; mais quand on s'en ſert pour les Aſtres, ils ſont nommés *téleſcopes*.

1575. L'invention du téleſcope eſt une des plus utiles dont les derniers ſiecles puiſſent ſe vanter : c'eſt par ſon moyen que les merveilles du ciel nous ont été découvertes, & que l'Aſtronomie eſt arrivée à un degré de perfection, dont les ſiecles paſſés n'ont pas pu ſeulement ſe former une idée. Il paroît que c'eſt à Middelbourg en Zélande que les téleſcopes ont pris naiſſance, vers l'an 1590, environ 300 ans après la découverte des lunettes, & que leur invention eſt due à *Zacharie Janſen*, Lunettier de Middelbourg. Il paroît auſſi que ce n'eſt pas la ſagacité de ſon eſprit qui les lui a fait découvrir, mais le pur haſard : car voici de quelle maniere on prétend que s'eſt faite cette découverte par *Janſen*.

1576. Ses enfans, en jouant dans la boutique de leur pere, lui firent remarquer que, quand ils tenoient entre leurs doigts deux verres de lunettes, & qu'ils mettoient ces verres l'un devant l'autre à quelque diſtance, ils voyoient le

coq de leur clocher beaucoup plus gros que de coutume, & comme s'il étoit tout près d'eux, mais dans une ſituation renverſée. Le pere, frappé de cette ſingularité, s'aviſa d'ajuſter deux verres debout ſur une planche, à l'aide de deux cercles de laiton, qu'on pouvoit approcher ou éloigner l'un de l'autre à volonté. Avec ce ſecours on voyoit mieux & de plus loin. Bien des curieux vinrent chez le Lunettier voir le nouveau phénomene; mais cette invention demeura quelque temps informe & ſans utilité. D'autres ouvriers de la même ville firent uſage de cette découverte; & par la nouvelle forme qu'ils lui donnerent, ils s'en approprierent l'honneur. Voilà la raiſon pour laquelle on a tant varié d'opinion ſur le véritable Inventeur du téleſcope.

1577. On voit que le téleſcope de *Janſen* étoit compoſé de deux verres convexes, & qu'il renverſoit l'image. Pour la redreſſer, on s'aviſa de mettre, du côté de l'œil, un verre concave à la place du verre convexe; ce qui réuſſit. De plus un de ces ouvriers, attentif à l'effet de la lumiere, plaça les verres dans un tuyau noirci par dedans : par-là il détourna & abſorba une infinité de rayons de lumiere, qui, en ſe réfléchiſſant de-deſſus toutes ſortes d'objets, & même de deſſus les parois intérieures du tuyau, & n'arrivant pas au point de réunion,

Fig. 259.

Fig. 259. N.º 2.

Fig. 259. N.º 3.

Fig. 260.

Fig. 259. N.º 4.

Fig. 258.

Benard Direxit

mais à côté, brouilloient ou abſorboient la principale image. Mais aucun de ces ouvriers n'a fait des téleſcopes de plus de 15 ou 18 pouces de long. *Simon Marius* en Allemagne, & *Galilée* en Italie, ſont les premiers qui aient fait de longs téleſcopes, propres pour les obſervations aſtronomiques.

1578. Il y a différentes ſortes de téleſcopes dioptriques, qui different entre eux par la forme & par le nombre de leurs verres. Tels ſont le *téleſcope de Galilée*; le *téleſcope aſtronomique*; le *téleſcope aërien*; le *téleſcope terreſtre* ou la *lunette d'approche*; & la *lunette d'approche de nuit.*

Téleſcope de Galilée.

1579. Le téleſcope de Galilée n'eſt autre choſe que le téleſcope inventé à Middelbourg, & appelé *téleſcope Hollandois*, mais perfectionné & fait plus en grand. Il eſt compoſé de deux verres, dont l'un, qui eſt convexe, eſt placé du côté de l'objet, & porte le nom d'*objectif*; & l'autre, qui eſt concave, eſt placé du côté de l'œil, & s'appelle *oculaire*. Ces deux verres ſont logés aux deux extrémités d'un tuyau, & éloignés l'un de l'autre d'une diſtance telle que le foyer réel de l'objectif (qui eſt le point *f* (*fig.* 228.) où ſe réuniſſent les rayons) (1355) *Fig.* 228.
coincide avec le foyer virtuel de l'oculaire (1368).

Ce dernier verre doit être porté dans un petit tuyau mobile, afin de pouvoir le rapprocher ou l'éloigner de l'objectif; parce que le foyer de l'objectif est d'autant plus court, que les rayons partent d'un point plus éloigné; car ils sont alors moins divergens : *& vice versâ* (1355).

1580. Pour construire un pareil télescope, il faut donc ajuster au bout d'un tuyau un verre objectif plan-convexe ou convexe des deux côtés
Fig. 261. C (*fig.* 261.), & qui soit un segment d'une sphere fort grande; & à l'autre bout un verre oculaire D concave des deux côtés, mais formé d'un segment d'une moindre sphere, & placé à une distance du verre objectif qui soit telle que le foyer virtuel (1368) de ce verre oculaire réponde à la même distance *a b* que le foyer réel du verre objectif. On voit, par-là, que la distance de l'objectif à l'oculaire doit être la différence qu'il y a entre la distance du foyer de l'objectif & celle du foyer virtuel de l'oculaire. La longueur du télescope se détermine donc en soustrayant la plus petite de ces distances de la plus grande.

1581. 1°. Supposons que le verre objectif soit plan-convexe, & le verre oculaire plan-concave; la longueur du télescope est la différence qu'il y a entre les diametres des spheres dont ces verres sont des segmens (1586).

1582. 2°. Si le verre objectif est convexe des deux côtés, & que le verre oculaire soit concave des deux côtés, la longueur du télescope est la différence qu'il y a entre les rayons des spheres dont ces verres font partie.

1583. 3°. Si le verre objectif est convexe des deux côtés, & que le verre oculaire soit plan-concave, la longueur du télescope est la différence qu'il y a entre le rayon de la sphere dont l'objectif est segment, & le diametre de la sphere dont l'oculaire fait partie.

1584. 4°. Enfin si le verre objectif est plan-convexe, & que le verre oculaire soit concave des deux côtés, la longueur du télescope est la différence qu'il y a entre le diametre de la sphere dont l'objectif est segment, & le rayon de la sphere dont l'oculaire fait partie.

1585. Supposons, par exemple, que le diametre de la sphere dont le verre objectif est segment, soit de 4 pieds; & que celui de la sphere dont le verre oculaire fait partie, soit de 4 pouces : la longueur du télescope sera, dans le premier cas (1581), de 44 pouces, différence de 4 pieds à 4 pouces; dans le second cas (1582), de 22 pouces, différence de 2 pieds à 2 pouces; dans le troisieme cas (1583), de 20 pouces, différence de 2 pieds à 4 pouces; & dans le quatrieme cas (1584), de 46 pouces, différence de 4 pieds à 2 pouces.

1586. Car le foyer des rayons paralleles est, dans un verre plan-convexe, à une distance égale à la longueur du diametre dont ce verre est segment; & dans un verre convexe des deux côtés, à une distance égale à la longueur du rayon, si les deux convexités sont segmens de la même sphere; mais à une distance égale à la longueur de la moitié des deux rayons pris ensemble, si les deux courbures sont différentes. Or les faisceaux de rayons qui partent de chaque point d'un objet éloigné AB, venant de très-loin, sont presque paralleles, & peuvent être regardés comme tels, lorsqu'ils arrivent au verre objectif C convexe des deux côtés : ils iroient donc se réunir en *ab*, à 24 pouces du centre de ce verre. Mais on place le verre oculaire D concave des deux côtés, entre l'objectif C & son foyer *ab*, & à une distance telle que son foyer virtuel (1368), qui est de 2 pouces, coincide précisément avec le foyer *ab* de l'objectif; ce qui, dans ce cas-là, regle la distance des deux verres à 22 pouces; & ainsi des autres cas.

1587. Ce verre concave rend donc les rayons paralleles, ou même un peu divergens, de convergens qu'ils étoient (1365); & l'œil placé en E, les reçoit, à cet égard, comme s'il n'y avoit point de verres interposés entre l'objet & lui.

1588. Le télescope de Galilée augmente le diametre apparent de l'objet autant de fois que le foyer réel de l'objectif contient de fois le foyer virtuel de l'oculaire. Avec les courbures que nous avons supposées ci-dessus (1585), le diametre de l'objet paroîtra donc, dans le premier cas (1581), 12 fois aussi grand qu'à la vue simple; dans le second cas (1582), aussi 12 fois; dans le troisieme cas (1583), 6 fois; & dans le quatrieme cas (1584), 24 fois. Cela fait voir que, pour que ce télescope grossisse beaucoup, il faut que l'objectif soit plan-convexe, & l'oculaire, concave des deux côtés. Quand on dit qu'un télescope grossit, cela ne veut pas dire qu'il fait voir les objets plus grands que nature; cela n'arrive jamais : cela veut dire seulement qu'il fait voir les objets plus grands qu'ils ne paroissent naturellement, vu leur éloignement; de sorte qu'un télescope qu'on dit qui grossit, par exemple, 12 fois, fait voir les objets d'une grosseur égale à celle dont on les verroit à la vue simple, dans le cas où ils seroient 12 fois aussi près de l'œil qu'ils le sont.

1589. Le télescope de Galilée fait voir les objets dans leur situation naturelle; mais il a fort peu de champ, parce que les rayons sortent divergens de l'oculaire (1365) : & si cette divergence leur fait occuper un espace plus grand

que le diametre de la prunelle, l'œil ne peut pas même embrasser tout le champ de l'instrument; & il en embrasse d'autant moins, qu'il s'éloigne davantage de l'oculaire (1194). L'étendue que la vue embrasse d'un coup-d'œil, augmente donc à mesure que l'œil s'approche de l'oculaire : mais le champ diminue à mesure que le télescope grossit davantage; parce que, pour grossir beaucoup, il faut que l'oculaire soit d'un foyer court, & fasse, par conséquent, portion d'une petite sphere, laquelle embrasse peu d'étendue. Les lunettes d'Opéra sont de petits télescopes de Galilée.

Télescope astronomique.

1590. Le télescope astronomique ne differe du précédent qu'en ce que son oculaire est convexe, au lieu d'être concave. Il paroît que nous le devons à *Képler*, qui proposa de substituer un oculaire convexe à l'oculaire concave; ce qui, avec la même longueur de l'instrument, & les mêmes courbures des verres, augmente beaucoup l'étendue du champ; parce qu'alors les rayons sortent convergens de l'oculaire (1355), l'œil peut donc plus aisément recevoir ceux qui viennent des extrémités d'un grand objet. Le télescope astronomique, qu'on appelle aussi *télescope de Képler*, est donc composé de deux

verres

verres convexes ou plans-convexes, dont l'un sert d'objectif, & l'autre d'oculaire, logés aux deux extrémités d'un tuyau, & éloignés l'un de l'autre d'une distance qui égale la somme des longueurs des foyers de l'objectif & de l'oculaire pris ensemble.

1591. Pour construire un télescope astronomique, il faut donc ajuster au bout d'un tuyau, d'une longueur convenable, un verre objectif plan-convexe, ou convexe des deux côtés C (*fig.* 262.), & qui soit segment d'une grande sphere; & à l'autre bout un verre oculaire D, convexe des deux côtés; mais formé de segmens d'une moindre sphere, & placé au delà du foyer F de l'objectif d'une quantité FD qui égale la longueur du foyer de l'oculaire D; de sorte que les foyers des deux verres C & D coincident aux mêmes points où se forme l'image *a b* de l'objet. *Fig.* 262.

1592. On voit donc que, comme nous venons de le dire (1590), la distance de l'objectif à l'oculaire doit être la somme des longueurs des foyers de l'objectif & de l'oculaire pris ensemble. C'est cette distance qui détermine la longueur du télescope. Nous avons dit ci-dessus (1586) quelles sont les longueurs des foyers des verres plan-convexes ou convexes des deux côtés.

1593. Supposons donc, 1°. que le verre ob-

jectif & le verre oculaire ſoient tous deux plan-convexes, la longueur du téleſcope eſt égale à la ſomme des diametres des ſpheres dont ces deux verres ſont des ſegmens.

1594. 2°. Si le verre objectif & le verre oculaire ſont tous deux convexes des deux côtés, la longueur du téleſcope eſt égale à la ſomme des rayons des ſpheres dont ces verres ſont partie.

1595. 3°. Si le verre objectif eſt convexe des deux côtés, & que le verre oculaire ſoit plan-convexe, la longueur du téleſcope eſt égale au rayon de la ſphere dont l'objectif fait partie, plus le diametre de la ſphere dont l'oculaire eſt ſegment.

1596. 4°. Si le verre objectif eſt plan-convexe, & que le verre oculaire ſoit convexe des deux côtés, la longueur du téleſcope eſt égale au diametre de la ſphere dont l'objectif eſt ſegment, plus le rayon de la ſphere dont l'oculaire fait partie.

1597. Suppoſons, comme nous avons fait ci-deſſus (1585), que le diametre de la ſphere dont le verre objectif eſt ſegment, ſoit de 4 pieds; & que celui de la ſphere dont le verre oculaire fait partie, ſoit de 4 pouces : la longueur du téleſcope ſera, dans le premier cas, (1593), de 52 pouces, ſomme des deux longueurs 4 pieds & 4 pouces : dans le ſecond

cas (1594), de 26 pouces, somme des deux longueurs 2 pieds & 2 pouces : dans le troisieme cas (1595), de 28 pouces, somme des deux longueurs 2 pieds & 4 pouces : & dans le quatrieme cas (1596), de 50 pouces, somme des deux longueurs 4 pieds & 2 pouces.

1598. Les faisceaux de rayons, partant de chaque point d'un objet éloigné A B, pouvant être regardés comme paralleles (1586), vont se réunir en F, où ils forment l'image *a b* de l'objet, laquelle est renversée, parce que les rayons qui viennent des extrémités de l'objet, se sont croisés en passant par le verre objectif C (1358). Les rayons qui forment chaque faisceau partant de chaque point, après avoir formé l'image *a b*, deviennent divergens, & sont ensuite rendus presque paralleles par la réfraction qu'ils souffrent en traversant le verre oculaire D (1355), en même temps que les faisceaux sont rendus convergens entre eux ; & l'œil, placé en E, reçoit ces rayons de la même maniere que si l'objet lui-même, au lieu de son image, étoit placé au foyer F.

1599. Il résulte de là que l'image *a b* devient l'objet immédiat de la vision ; & que l'œil la voit sous l'angle G E H : lequel angle est d'autant plus grand, que le foyet du verre objectif est plus long, & celui du verre oculaire plus court.

1600. Car ce téleſcope augmente le diametre de l'objet autant de fois que le foyer de l'objectif contient de fois celui de l'oculaire. De ſorte que ſi, comme dans le quatrieme cas ſuppoſé ci-deſſus (1596), le foyer de l'objectif (1586) eſt 24 fois auſſi long que celui de l'oculaire, le diametre apparent de l'objet ſera augmenté 24 fois; ou, ce qui eſt la même choſe, ce diametre ſera vu par le téleſcope de la même grandeur qu'il le ſeroit à la vue ſimple, ſi l'objet n'étoit qu'à la vingt-quatrieme partie de la diſtance à laquelle il eſt (1588).

1601. On peut encore énoncer de la maniere ſuivante, la quantité dont ce téleſcope groſſit: *la grandeur apparente de l'objet, vu par le téleſcope, eſt à ſa grandeur apparente à la vue ſimple, comme la diſtance du foyer de l'objectif eſt à la diſtance du foyer de l'oculaire.*

1602. On a donné à ce téleſcope le nom d'*Aſtronomique*, parce qu'on ne s'en ſert que pour les obſervations aſtronomiques, par la raiſon qu'il renverſe les images, comme nous l'avons dit ci-deſſus (1598). Ce renverſement d'images rend ce téleſcope peu propre pour les objets terreſtres, qu'on aime à voir dans leur ſituation naturelle; ce renverſement empêcheroit même ſouvent de les reconnoître. Il n'en eſt pas de même des aſtres qui ſont ronds, & qu'il eſt

aſſez indifférent de voir droits ou renverſés. Il faut ſeulement obſerver que les mouvemens, qui paroiſſent alors ſe faire de gauche à droite, ſe font réellement de droite à gauche; de même que ceux qui paroiſſent ſe faire de haut en bas, ſe font réellement de bas en haut.

Téleſcope aérien.

1603. Le téleſcope aérien eſt un vrai téleſcope aſtronomique, dont le verre objectif & le verre oculaire ne ſont pas placés dans le même tuyau, par la raiſon que le foyer de l'objectif étant très-diſtant du verre, cela exigeroit un tuyau très-long, &, par conſéquent, très-embarraſſant & très-difficile à manier. C'eſt au célebre *Huyghens* que nous ſommes redevables de ce téleſcope.

1604. Pour conſtruire un téleſcope aérien, 1°. on plante perpendiculairement un mât A B (*fig.* 264.) de la longueur dont devroit être le tuyau du téleſcope, & même un peu plus. Avant de l'élever, on l'applanit d'un côté; l'on y attache deux regles paralleles entre elles, & éloignées l'une de l'autre d'un pouce & demi; de ſorte que l'eſpace qu'elles laiſſent entre elles, forme une eſpece de rainure (un peu plus large en dedans qu'en dehors) qui regne preſque du haut de ce mât juſqu'en bas. Au haut *Fig.* 264.

de ce mât eſt une petite poulie A, qui tourne ſur ſon axe, & ſur laquelle paſſe une corde ſans fin G, de la groſſeur du petit doigt ou à peu près, & d'une longueur preſque égale à deux fois celle du mât. Cette corde eſt garnie d'un morceau de plomb H, dont le poids eſt égal à celui du verre objectif & de tout l'équipage qui doit le ſoutenir. Une latte longue de deux pieds, & formée de maniere qu'elle puiſſe gliſſer librement, mais ſans jeu, le long de la rainure, porte, à ſon milieu, deux bras de bois L *l*, qui s'éloignent du mât d'un pied, & qui ſoutiennent, à angles droits, un autre bras E d'un pied & demi de long, lequel porte une eſpece de fourchette F.

1605. 2°. On ajuſte un verre objectif dans un cylindre I K de trois pouces de long : on fixe ce cylindre ſur un bâton fort droit d'un pouce d'épaiſſeur, & qui le déborde de 8 ou 10 pouces, comme on le voit en *f*. A ce bâton eſt attachée une boule de cuivre, qui eſt portée & ſe meut librement dans une portion de ſphere creuſe, où elle eſt emboîtée. Cette portion de ſphere eſt ordinairement faite de deux pieces, que l'on ſerre enſemble par le moyen d'une vis ; ce qui forme une eſpece de genou ; & afin que le verre objectif puiſſe être mis en mouvement avec plus de facilité, on y ſuſpend un poids

d'environ une livre, avec un gros fil de laiton; de forte qu'en pliant ce fil d'un côté ou de l'autre, on parvienne facilement à faire rencontrer enfemble les centres de gravité du poids, du verre objectif, & de la boule de cuivre. On attache, au deffous du bâton *f*, un fil de cuivre élaftique, que l'on plie en en-bas, jufqu'à ce que fa pointe foit autant au deffous du bâton que le centre de la boule; & on lie à cette pointe un fil mince de foie NV.

1606. 3°. On ajufte le verre oculaire dans un cylindre Q fort court, auquel on attache le bâton QV. A celui-ci pend un petit poids fuffifant pour le contrebalancer. Vers Q, on attache une poignée R traverfée par un axe, que l'Aftronome PC tient à la main; & le bâton QV, tourné du côté du verre objectif, eft attaché au fil de foie VN. Ce fil, après être paffé par un trou, qui eft au bout du bâton, eft roulé fur une petite cheville S fixée au milieu du bâton; de forte qu'en la tournant, on augmente ou on diminue, comme on veut, la longueur du fil, & par conféquent la diftance de l'objectif à l'oculaire; ce qui équivaut au tuyau mobile (1579).

1607. 4°. Afin que l'Aftronome PC puiffe tenir le verre oculaire ferme, & le fil bien tendu, il affermit fon bras fur l'appui X.

1608. 5°. Enfin, pour écarter la foible lumiere qui pourroit fatiguer l'œil, on couvre l'oculaire d'un cercle de laiton, percé au milieu d'un fort petit trou.

1609. On a fait de ces téleſcopes, dont le verre objectif avoit juſqu'à 100 pieds de foyers, & qui étoient capables de groſſir beaucoup. *Huyghens*, pour éviter les tâtonnemens dans la conſtruction des téleſcopes aſtronomiques, a donné une Table des proportions des foyers des verres objectifs & oculaires, dont voici un abrégé.

1610. *Table des proportions des foyers des verres objectifs & oculaires.*

DISTANCE DU FOYER DES VERRES objectifs.	DIAMETRE de L'OUVERTURE.		DISTANCE DU FOYER DES VERRES oculaires.		RAPPORT dans lequel les diametres apparens des objets sont grossis.
Pieds.	Pouc.	Centiemes de pouce.	Pouc.	Centiemes de pouce.	
1	0	55	0	61	20
2	0	77	0	85	28
3	0	95	1	5	35
4	1	9	1	20	40
5	1	23	1	35	44
6	1	34	1	47	49
7	1	45	1	60	53
8	1	55	1	71	56
9	1	64	1	80	60
10	1	73	1	90	63
15	2	12	2	27	79
20	2	45	2	58	93
25	2	74	2	84	104
30	3	0	3	19	113
40	3	46	3	75	128
50	3	87	4	26	141
60	4	24	4	66	154
70	4	58	5	5	166
80	4	90	5	39	178
90	5	5	5	83	185
100	5	48	6	30	190

1611. Si, dans deux ou plusieurs téleſcopes, de grandeurs différentes, la proportion entre les foyers du verre objectif & du verre oculaire eſt la même, ils groſſiront également les objets; d'où il ſembleroit qu'on devroit conclure qu'il eſt inutile de faire de grands téleſcopes. Mais, avec un peu de réflexion, on ſe convaincra que cette conſéquence n'eſt pas juſte. Car plus le foyer de l'objectif eſt long, plus celui de l'oculaire peut être proportionnellement court, &, par conſéquent, être contenu un plus grand nombre de fois dans celui de l'objectif (1600). En voici la raiſon : plus l'objectif eſt grand, plus on peut lui laiſſer d'ouverture; il reçoit donc plus de rayons; il y a donc dans l'inſtrument plus de lumiere, ce qui permet d'employer un oculaire d'un foyer plus court. Un autre avantage des grands téleſcopes eſt que, plus l'objectif fait portion d'une grande ſphere, plus il réunit exactement les rayons; & plus, par conſéquent, l'image eſt diſtincte; ce qui eſt l'effet le plus important que puiſſe produire un téleſcope. S'il falloit qu'il y eût toujours la même proportion entre les foyers des objectifs & des oculaires, il s'enſuivroit que, puiſqu'avec un objectif d'un pied, il faut un oculaire de 61 centiemes de pouce, avec un objectif de 100 pieds il faudroit un oculaire de

61 pouces ; & l'on voit, par la Table d'*Huyghens* (1610), qu'un d'environ 6 pouces suffit; ce qui rend le pouvoir amplifiant environ 10 fois aussi grand.

Télescope terrestre ou Lunette d'approche.

1612. Le télescope terrestre ou la lunette d'approche est, à proprement parler, le télescope astronomique (1590), auquel on a ajouté deux oculaires, afin de redresser l'image. Car nous venons de voir (1598) que le télescope astronomique fait voir les objets renversés ; ce qui est tout-à-fait indifférent, quand on observe des corps ronds, tels que sont les corps célestes. Mais quand on se sert de cet instrument pour les objets terrestres, on trouve désagréable de les voir renversés; c'est pourquoi on a cherché le moyen de redresser l'image.

1613. Pour faire un télescope qui puisse remplir cette vue, il faut d'abord construire l'équivalent d'un télescope astronomique (1591), moyennant le verre objectif C (*fig.* 263.), & le verre oculaire D, placé à une distance l'un de l'autre, qui égale la somme des longueurs de leurs foyers (1592), entre lesquels se vient former en F l'image renversée *a b*, comme dans le télescope astronomique (*fig.* 262.). Ensuite on place, au delà du verre oculaire D (*fig.* 263.),

Fig. 263.

Fig. 262.

Fig. 263.

deux autres oculaires K, L, à des distances les uns des autres, dont chacune égale la somme des longueurs des foyers des deux verres voisins. Alors les rayons divergens qui composent chaque faisceau partant du foyer F, étant devenus paralleles en traversant l'oculaire D (1598), & les faisceaux étant devenus convergens entre eux, vont se croiser en E; ensuite, continuant leur route, & traversant l'oculaire K, les rayons qui composent chaque faisceau, de paralleles qu'ils sont, deviennent convergens, & vont former en *f* une seconde image *ab* en sens contraire de la premiere, c'est-à-dire, redressée, laquelle devient l'objet immédiat de la vision, & est apperçue au foyer *f* par l'œil placé en M, comme l'image renversée *ab*
Fig. 261. (*fig.* 262.) est apperçue au foyer F par l'œil placé en E (1598).

1614. Ce télescope ne fait pas voir les objets si clairement que le fait le télescope astronomique; parce que la lumiere a deux verres de plus à traverser, ce qui lui fait perdre de son intensité, à cause des rayons qui sont arrêtés par les parties solides des verres. C'est pourquoi on n'en fait point usage pour observer les astres, qu'on cherche à voir très-clairement, & qu'il est indifférent de voir droits ou renversés, à cause de leur figure ronde. Il faut seulement observer

que, dans ce dernier cas, tous les mouvemens ſe font en ſens contraire de celui dans lequel on les voit; de ſorte que ceux qu'on voit ſe faire de droite à gauche, ſe font réellement de gauche à droite; ceux qu'on voit ſe faire de haut en bas, ſe font réellement de bas en haut, &c.

1615. Le téleſcope terreſtre groſſit les objets dans la même proportion que le fait le téleſcope aſtronomique (1600), c'eſt-à-dire, autant de fois que le foyer du verre objectif contient de fois celui d'un des oculaires, en ſuppoſant que les trois oculaires ſont ſegmens de ſpheres égales; de ſorte qu'il groſſit préciſément de la même quantité que, ſi ayant ſupprimé les deux oculaires K, L (*fig.* 263.), l'œil ſe plaçoit en E. *Fig.* 263.

1616. Mais ſi les trois oculaires D, K, L, avoient des courbures différentes, s'ils étoient ſegmens de ſpheres inégales, il faudroit ajouter enſemble les longueurs des foyers de ces trois verres, & diviſer le produit par 3. Le quotient de la diviſion ſeroit la longueur du foyer de l'oculaire, qu'il faudroit comparer à la longueur du foyer de l'objectif, pour ſavoir combien de fois la premiere ſeroit contenue dans la ſeconde. Ce nombre de fois donneroit le degré de groſſiſſement de l'inſtrument.

1617. Il ſuit de ce que nous avons dit ci-deſſus (1612), qu'un téleſcope aſtronomique

peut aiſément être changé en téleſcope terreſtre, en y ajoutant deux verres oculaires : & le téleſcope terreſtre, en téleſcope aſtronomique, en ſupprimant deux oculaires ; la faculté de groſſir demeurant toujours la même (1615.)

1618. La conſtruction du téleſcope terreſtre (1613), fait connoître que ſa longueur ſe trouve en ajoutant cinq fois le rayon de la ſphere, dont les oculaires ſont ſegmens, au diametre de la ſphere dont l'objectif fait partie, ſi l'objectif eſt plan-convexe (1596), ou bien au rayon de cette ſphere, ſi l'objectif eſt également convexe des deux côtés (1594.)

1619. *Huyghens* a obſervé le premier qu'une choſe qui contribue beaucoup à la netteté des images vues par le téleſcope, tant aſtronomique
Fig. 262. que terreſtre, c'eſt de placer à l'endroit F (*fig.*
Fig. 263. 262.) ou *f* (*fig.* 263.) où ſe forme l'image, au devant de l'oculaire le plus près de l'œil, un diaphragme, c'eſt-à-dire, un anneau de bois ou de métal, dont l'ouverture ſoit un peu plus petite que la largeur de l'oculaire. Ce diaphragme arrête tous les rayons irréguliérement réfractés, qui viendroient altérer la netteté de l'image.

Lunette d'approche de nuit.

1620. On fait, depuis quelques années, en Angleterre, des lunettes d'approche deſtinées à

observer pendant la nuit, qui servent principalement sur mer, pour suivre un vaisseau, reconnoître une côte, l'entrée d'un port, &c.

1621. Ces lunettes, dont la premiere idée paroît due au *Docteur Hoock*, sont composées d'un objectif d'un grand diametre, afin qu'il puisse recevoir beaucoup de rayons de lumiere, & de deux ou de quatre oculaires. Ce grand nombre d'oculaires sert principalement à diminuer la longueur de ces lunettes, sans diminuer le pouvoir amplifiant; parce que, chacun tendant à réunir les rayons plus près (1355), en en plaçant plusieurs à de petites distances les uns des autres, ils n'équivalent tous ensemble qu'à un seul oculaire d'un foyer plus court: moyennant quoi l'instrument grossit autant, que si son objectif étoit d'un foyer plus long.

1622. Dans ces lunettes on voit les objets renversés. Cet inconvénient est moindre qu'on ne le croiroit d'abord; parce que, pour l'usage auquel elles sont destinées, il suffit qu'elles puissent faire reconnoître & distinguer sensiblement les masses. De plus, l'habitude de s'en servir doit bientôt diminuer cet inconvénient, ou même le faire disparoître.

Des Télescopes Catadioptriques.

1623. Nous avons vu (1574 & *suiv.*) que les

téleſcopes dioptriques, pour amplifier beaucoup les images, doivent être très-longs; ce qui les rend difficiles à manier. De plus, quand on cherche à les faire groſſir beaucoup, on court le riſque de les faire manquer de clarté & de netteté. C'eſt ce qui a fait naître l'idée de conſtruire des téleſcopes de réflexion, c'eſt-à-dire, compoſés de miroirs combinés avec des verres: c'eſt ce qui leur a fait donner le nom de *catadioptriques*. Ces téleſcopes n'ont pas beſoin d'être, à beaucoup près, auſſi longs que les téleſcopes dioptriques, pour groſſir autant.

1624. On attribue ordinairement l'invention du téleſcope catadioptrique à *Newton*; cependant il n'eſt pas le premier à qui l'idée en ſoit venue. Il ne commença à penſer à ce téleſcope, comme il l'a dit lui-même, qu'en 1666: & dès 1663, *Jacques Grégory*, Géometre Ecoſſois, avoit donné, dans ſon *Optica promota*, la deſcription d'un téleſcope de ce genre. *Caſſègrain*, en France, avoit eu auſſi, vers le même temps, une idée à peu près ſemblable. Mais, ce qu'on aura peut-être de la peine à croire, c'eſt que la premiere idée de ce téleſcope date d'environ quinze ans auparavant, & appartient inconteſtablement au *P. Merſenne*, comme le prouve ce qu'il dit dans la *Propoſ. 7e de ſa Catoptrique*, imprimée en 1651, où il parle de miroirs concaves combinés plusieurs

plusieurs ensemble. » La même composition, » dit-il, peut aussi servir pour faire *un miroir* à » voir de loin, & grossir les especes comme les » lunettes de longue vue «. Si le *P. Mersenne* n'a pas fait exécuter ce télescope, c'est qu'il en fut détourné par *Descartes*, qui lui présenta des difficultés, qui cependant n'existent pas, mais auxquelles il céda.

1625. Quoique ce ne soit pas *Newton* qui ait eu la premiere idée des télescopes catadioptriques, cependant c'est à lui que nous en sommes redevables. C'est le sien qui a été le premier exécuté & publié ; & il en a le mieux vu tous les avantages. Ayant observé, moyennant sa découverte de la décomposition de la lumiere, qu'une lentille, quelle que soit sa courbure, ne peut réunir tous les rayons à son foyer ; & qu'il y a autant de foyers à la suite les uns des autres qu'il y a d'especes de rayons différemment réfrangibles (1424), il renonça au projet qu'il avoit eu de perfectionner les télescopes dioptriques, & songea à en faire de catadioptriques (1427.)

1626. Il y a différentes sortes de télescopes catadioptriques, qui different entre eux par la forme, le nombre & la position de leurs miroirs & de leurs verres. Tels sont le *télescope Newtonien*, le *télescope Grégorien*, le *télescope de Cassegrain*, & le *télescope de Jacques le Maire.*

Télescope Newtonien.

1627. Le téleſcope Newtonien eſt composé d'un miroir concave, d'un miroir plan, & d'un verre oculaire convexe. Pour conſtruire un téleſcope de cette eſpece, il faut placer dans le fond
Fig. 265. d'un tuyau D D D D (*fig.* 265), un grand miroir concave H G de métal, vis-à-vis duquel, & dans ſon axe, on place un miroir plan K I auſſi de métal, d'une figure elliptique, & incliné de 45 degrés à l'axe du téleſcope. Ce miroir plan doit être ſitué entre le grand miroir concave & ſon foyer, & à une diſtance de ce foyer qui ſoit égale à la diſtance du centre de ce petit miroir, au foyer de l'oculaire *o*, lequel eſt placé dans un petit tuyau latéral L L, dans la perpendiculaire à l'axe du grand miroir, tirée du centre du petit miroir plan.

1628. Suppoſons maintenant un objet A B, placé vis-à-vis ce téleſcope & à une grande diſtance. Les rayons qui forment chaque faiſceau partant de chaque point de l'objet, venant de très-loin, arrivent preſque paralleles (1586); & les faiſceaux qui partent des extrémités de l'objet, ſe croiſent en entrant dans le téleſcope (1206); de ſorte que le faiſceau A G eſt celui qui vient du point A de l'objet; & le faiſceau B H eſt celui qui vient du point B de l'objet. Ces rayons

qui iroient, après leur réflexion de deſſus le grand miroir H G, deſſiner une image renverſée *a b* de cet objet, au foyer F de ce grand miroir (1253 & 1254), ſont reçus par le petit miroir plan K I, & réfléchis vers l'oculaire *o*. Mais les miroirs plans ne changent rien à la diſpoſition des rayons de lumiere qu'ils réfléchiſſent (1223): l'image en *c d* ſera donc renverſée, comme elle l'eût été en *a b* : & ſe trouvant au foyer *f* de l'oculaire *o*, les rayons qui forment chaque faiſceau, après les réfractions qu'ils y éprouvent en y entrant & en en ſortant, ſe trouvent à peu près paralleles (1355), tandis que les faiſceaux, venant de différens points de l'objet, convergent en O où ſe place l'œil.

1629. Ce téleſcope renverſe donc les images; mais, comme cela eſt indifférent pour l'inſpection des aſtres, on s'en ſert avec avantage pour les obſervations aſtronomiques; d'autant mieux que, n'ayant qu'un oculaire, il a plus de clarté que ceux qui en ont davantage (1614.)

1630. Avec le téleſcope Newtonien, l'objet eſt difficile à trouver, parce que l'œil, ſe plaçant ſur le côté, n'a pas l'objet dans la direction de ſon axe. C'eſt pourquoi on met ſur le corps du téleſcope une petite lunette dioptrique qui a beaucoup de champ, & dont l'axe eſt parallele à celui de l'inſtrument. Cette lunette ſert à

trouver l'objet qu'on veut obſerver : auſſi l'appelle-t-on un *Trouveur.*

1631. L'oculaire du téleſcope Newtonien, étant placé ſur le côté, rend cet inſtrument très-commode pour obſerver les aſtre sprès du zénith, & même tout-à-fait au zénith; parce que, même dans le moment où l'inſtrument eſt vertical, l'obſervateur eſt dans une ſituation commode; ce qui n'a pas lieu, lorſqu'on fait uſage d'un autre téleſcope, à l'extrémité duquel l'œil doit ſe placer.

1632. La quantité dont ce téleſcope augmente le diametre apparent de l'objet, eſt égale au nombre de fois que le foyer du grand miroir contient celui de l'oculaire. Ainſi, ſi le foyer du grand miroir eſt de 5 pieds, & que celui de l'oculaire ſoit de 2 pouces, l'inſtrument groſſit 30 fois; c'eſt-à-dire que le diametre apparent de l'objet, vu par le téleſcope, paroît auſſi grand qu'il le paroîtroit à la vue ſimple, ſi l'objet n'étoit qu'à la trentieme partie de la diſtance à laquelle il eſt.

Téleſcope Grégorien.

1633. Le téleſcope Grégorien eſt compoſé de deux miroirs concaves, & deux verres oculaires convexes ou plan-convexes. Pour conſtruire un téleſcope de cette eſpece, il faut placer dans le

fond d'un tuyau D D D D (*fig.* 266.) un grand miroir concave H G de métal, percé d'un trou à ſon centre. Vis-à-vis du milieu de ce miroir, & vers l'autre bout du tuyau, on place un ſecond miroir concave I K de métal, parallele au grand, un peu plus large que le trou qui eſt au centre du grand miroir, & dont la concavité fait partie d'une ſphere beaucoup plus petite que celle ſur laquelle eſt formé le grand miroir. Ce petit miroir I K doit être placé au delà du foyer *b a* du grand miroir H G, à une diſtance telle que le foyer du petit miroir ſoit éloigné du foyer du grand (1224), d'une quantité que l'on trouve par cette proportion : *Le foyer du grand miroir eſt au foyer du petit miroir, comme le foyer du petit miroir eſt à l'eſpace qu'il doit y avoir entre les foyers des deux miroirs.* Suppoſons, par exemple, que le foyer du grand miroir ſoit de 20 pouces ou 240 lignes; & que le foyer du petit miroir ſoit de 3 pouces ou 36 lignes; on aura cette proportion; 240 : 36 : : 36 : $5\frac{2}{5}$; de ſorte que les foyers de ces deux miroirs doivent être éloignés l'un de l'autre de $5\frac{2}{5}$ lignes : ce qui donne la diſtance, d'un miroir à l'autre, de 23 pouces $5\frac{2}{5}$ lignes. A l'extrémité du tuyau D D D D, à laquelle eſt placé le grand miroir H G, & vis-à-vis le trou qui eſt au centre de ce miroir, on ajuſte un autre tuyau plus petit L M *m l*, dans Fig. 266.

lequel on place les deux verres oculaires L *l*, M *m*. Comme les diſtances des foyers varient un peu, ſuivant que les objets ſont plus ou moins éloignés, &, par conſéquent, ſuivant que les rayons qui compoſent chaque faiſceau partant de chaque point de l'objet, ſont moins ou plus divergens (1254); il faut que le petit miroir I K ſoit porté par une tige *g* mobile, afin de pouvoir le rapprocher ou l'éloigner du grand miroir, ſelon le beſoin.

1634. On voit, par cette conſtruction, que le téleſcope Grégorien differe du Newtonien, 1°. en ce que ſon grand miroir eſt percé à ſon centre; 2°. en ce que ſon petit miroir eſt concave au lieu d'être plan; 3°. en ce que ce petit miroir eſt parallele au grand, au lieu de lui être incliné; 4°. en ce qu'il a deux oculaires au lieu d'un; 5°. en ce que ſes oculaires ſont placés à l'extrémité du tuyau, & non pas ſur le côté.

1635. Suppoſons maintenant, comme nous avons fait ci-deſſus (1628), un objet A B à une grande diſtance, & que les rayons qui en partent, ſe croiſent en entrant dans l'inſtrument. Ces rayons A G, B H, ſont réfléchis convergens au foyer du grand miroir (1254), où ils vont deſſiner l'image *a b* renverſée (1259): après quoi ils vont, en ſe croiſant de nouveau, tomber divergens ſur le petit miroir I K, qui les réfléchit

convergens vers les oculaires, parce que le point de leur divergence eſt plus éloigné de ce miroir (1633), que ne l'eſt ſon foyer des rayons paralleles (1258). Ces rayons rencontrant l'oculaire L *l*, ſont rendus encore plus convergens, & vont deſſiner en *c d* une ſeconde image en ſens contraire de la premiere *a b*, c'eſt-à-dire, redreſſée, laquelle devient l'objet immédiat de la viſion. Et comme le lieu *c d* de cette image eſt, par la conſtruction, le foyer du ſecond oculaire M *m*, les rayons qui forment chaque faiſceau partant de chaque point, en ſortent à peu près paralleles (1355); & les faiſceaux deviennent convergens entre eux : l'œil placé en O voit donc cette image amplifiée, ſuivant la grandeur de l'angle *n* O *p*.

1636. Le téleſcope Grégorien fait voir l'image dans la même ſituation que celle de l'objet; mais il la fait voir un peu moins clairement, que ne le fait le téleſcope Newtonien, parce que la lumiere a, à traverſer, deux oculaires, au lieu qu'il n'y en a qu'un dans le téleſcope Newtonien.

1637. La quantité dont le téleſcope Grégorien augmente le diametre apparent de l'objet, eſt égale au quarré du foyer du grand miroir, diviſé par le produit du foyer du petit miroir, multiplié par le foyer de l'oculaire. Suppoſons, comme ci-deſſus (1633), que le foyer du grand miroir ſoit de 20 pouces ou 240 lignes; que le

foyer du petit miroir ſoit de 3 pouces ou 36 lignes ; & que le foyer de l'oculaire ſoit de 20 lignes. Le quarré de 240 eſt 57600 ; le produit de 36 multiplié par 20, eſt 720. Si donc l'on diviſe 57600 par 720, le quotient 80 déſigne le nombre de fois que le diametre apparent de l'objet, vû par ce téleſcope, eſt augmenté ; c'eſt-à-dire que le diametre apparent de l'objet ſeroit vu, par le téleſcope, de la même grandeur qu'il le ſeroit à la vue ſimple, ſi l'objet n'étoit qu'à la quatre-vingtieme partie de la diſtance à laquelle il eſt.

Téleſcope de Caſſegrain.

1638. Le téleſcope de *Caſſegrain* eſt compoſé d'un miroir concave, d'un miroir convexe, & de deux verres oculaires convexes ou plan-convexes, ſitués reſpectivement les uns aux autres comme le ſont les miroirs & les verres dans le téleſcope Grégorien (1633).

1639. Le téleſcope de *Caſſegrain* reſſemble donc, à peu de choſe près, au téleſcope Grégorien. Il en differe ſeulement, 1°. par la forme de ſon petit miroir, qui eſt convexe, au lieu que celui du téleſcope Grégorien eſt concave ; 2°. en ce qu'il fait voir l'image renverſée (1641) ; 3°. en ce qu'à ſphéricités égales des miroirs, il eſt plus court d'une quantité égale au double de

la longueur du foyer virtuel (1250) du petit miroir convexe. En effet, on conçoit aiſément que le petit miroir étant convexe, ne peut réfléchir, vers le premier oculaire L *l* (*fig.* 266), les rayons encore convergens, qu'autant qu'il les reçoit lui-même plus convergens, puiſqu'il diminue leur convergence (1227 & 1229.) Or cela ne peut avoir lieu qu'autant que ce petit miroir eſt placé plus près du grand qu'il ne le ſeroit, s'il étoit concave, d'une quantité égale au double de la longueur de ſon foyer virtuel. *Fig.* 266.

1640. Ce petit miroir convexe, dans le téleſcope de *Caſſegrain*, doit donc être placé entre le grand miroir concave & ſon foyer, de maniere que le foyer virtuel du petit miroir convexe tombe au même point où doit ſe trouver le foyer réel du petit miroir concave dans le téleſcope Grégorien; c'eſt-à-dire, que ce foyer virtuel doit tomber au delà du foyer *a b* du grand miroir concave H G, d'une quantité que l'on trouve par cette proportion: *Le foyer réel du grand miroir concave eſt au foyer virtuel du petit miroir convexe, comme ce dernier foyer eſt à l'intervalle qu'il doit y avoir entre les foyers des deux miroirs.* D'où il ſuit (ce que nous venons de dire) que, lorſque le petit miroir eſt convexe, le téleſcope eſt plus court qu'il ne le ſeroit, ſi ce petit miroir étoit concave & de la même ſphéricité, d'une

quantité égale au double de la longueur du foyer virtuel du petit miroir convexe.

1641. Ce télescope renverse l'image de l'objet; parce que le miroir convexe, qui reçoit les rayons avant qu'ils ayent dessiné l'image (1640), les réfléchit sans les obliger de se croiser : l'image, après la seconde réflexion des rayons, se trouve donc dessinée dans le même sens qu'elle l'eût été après la premiere réflexion.

1642. Le télescope de *Cassegrain* grossit autant & dans la même proportion que le Grégorien (1637.) Mais pouvant être plus court que ce dernier, en conservant le même pouvoir amplifiant; il peut être employé avec avantage dans l'Astronomie, où il est indifférent que les images soient renversées ou non; & où il est important, sur-tout sur mer, que l'instrument soit le plus court possible. Le grand télescope, fait par *D. Noël*, & qui est au Cabinet de Physique du Roi, à la Muette, est un télescope de cette espece.

Télescope de Jacques le Maire.

1643. Le télescope de *Jacques le Maire*, inventé par lui en 1728, est un dérivé du télescope Newtonien (1627); cependant il en diffère en ce qu'il n'est composé que d'un miroir concave, & d'un verre oculaire convexe; le

Fig. 261.

Fig. 262.

Fig. 263

Fig. 266.

Fig. 265.

Fig. 264.

Benard Direxit

petit miroir plan y eſt ſupprimé. Pour conſtruire un téleſcope de cette eſpece, il faut placer, dans le fond d'un tuyau DDDD (*fig.* 267.), un grand miroir concave HG de métal, attaché au tuyau par une charniere vers G, & qui puiſſe s'incliner plus ou moins vers H par le moyen d'une vis I qui traverſe le fond du tuyau. A ce tuyau on ajoute la partie EF, de même épaiſſeur que le tuyau, & qui va en s'élargiſſant vers F. A l'extrémité FD de cette partie ajoutée eſt placé le petit tuyau L qui porte l'oculaire *m n*. Ce petit tuyau L eſt mobile, de même que le miroir HG, & peut, par un mouvement de côté, s'éloigner ou ſe rapprocher du corps du grand tuyau DD, afin de ſe placer convenablement aux différens degrés d'inclinaiſon qu'on peut donner au miroir HG. Il y a un grand nombre d'autres pieces, dont les unes ſont deſtinées à rendre ces mouvemens doux, exacts & commodes à exécuter, & les autres à diriger l'inſtrument vers l'objet qu'on veut obſerver. Si l'on eſt curieux de les connoître, on en trouvera la deſcription & la figure dans le Recueil des *Machines approuvées par l'Acad. Tom.* 6, *pag.* 61. *Fig.* 267.

1644. Suppoſons maintenant, comme nous avons fait ci-deſſus (1628), un objet AB à une grande diſtance, & que les rayons qui en par-

tent, se croisent en entrant dans l'instrument. Ces rayons A G, B H, sont réfléchis convergens au foyer du grand miroir (1254), & vont (à cause de l'inclinaison de ce miroir à l'axe du grand tuyau) dans la partie E F, dessiner l'image *a b* renversée (1259). Et comme le lieu *a b* de cette image est, par la construction, le lieu du foyer de l'oculaire *m n*, les rayons qui forment chaque faisceau partant de chaque point, en sortent à peu près paralleles (1355); & les faisceaux deviennent convergens vers O, où l'œil se plaçant, voit cette image amplifiée. On voit par-là qu'il faut tourner le dos à l'objet qu'on veut observer.

1645. Le télescope de *le Maire* fait, de même que celui de *Newton*, voir l'image renversée; mais l'image est plus nette & dessinée avec une plus belle lumiere, parce que ses rayons y souffrent une réflexion de moins que dans le télescope Newtonien : ce qui permet d'y employer un oculaire d'un foyer plus court, & le fait, par conséquent, grossir davantage. Car ce télescope amplifie l'image dans la même proportion que celui de *Newton* (1632); c'est-à-dire qu'il augmente le diametre apparent de l'objet d'une quantité qui égale le nombre de fois que le foyer du miroir contient celui de l'oculaire.

1646. M. *Herschell* a construit, il y a quelques

années, un télescope de cette espece, dont il a tiré un grand avantage : c'est par son moyen qu'il a découvert deux Satellites à sa planete, ainsi que deux nouveaux Satellites à Saturne (2622). Mais on voit par ce que nous avons dit ci-dessus (1643), qu'on a eu tort de le regarder, comme on l'a fait pendant quelque temps, comme l'inventeur de ce télescope ; puisque cet instrument avoit été inventé, exécuté & publié par *Jacques le Maire* environ cinquante-cinq ans auparavant que M. *Herschell* en eût l'idée. Il ne faut cependant pas lui en ôter la gloire ; car les télescopes qu'il a construits sont de beaucoup supérieurs à ceux qui existoient auparavant, par leur grandeur, leur pouvoir amplifiant, & la beauté de leur exécution.

Des Lunettes achromatiques.

1647. Les lunettes achromatiques sont celles desquelles le verre objectif ne laisse appercevoir aucune couleur de l'iris, quelque grand que soit le diametre de son ouverture. Il peut donc y avoir alors beaucoup de lumiere dans l'instrument, ce qui permet d'y employer un oculaire d'un foyer très-court, d'où résulte une plus grande amplification de l'image (1600). Car ces lunettes sont de vrais télescopes astronomiques (1590) ; mais de beaucoup supérieurs à ceux qui les ont précédés.

1648. Dans les téleſcopes dioptriques ordinaires (1574), on voit, vers les bords de l'objectif, des couleurs très-fortes qui réſultent de la ſéparation des rayons (1381), par la réfraction qu'ils éprouvent en traverſant les bords de ce verre, & qui obligent de rétrécir beaucoup ſon ouverture, afin d'avoir l'image un peu nette. Depuis quelques années on a imaginé, pour corriger ce défaut, de compoſer, de différentes ſubſtances, les objectifs de ces téleſcopes.

1649. La premiere trace de cette ingénieuſe idée ſe trouve dans un Mémoire de M. *Euler*. (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, *Tom III.*) Voici ce qu'il en diſoit en 1747 : » Il eſt reconnu, » parmi les Aſtronomes, que les verres objec- » tifs dont on ſe ſert ordinairement dans les » lunettes, ont ce défaut qu'ils produiſent une » infinité de foyers, ſelon les différens degrés » de réfrangibilité des rayons (1424). Les » rayons rouges, ſouffrant la plus petite ré- » fraction en paſſant par le verre, forment leur » foyer à une plus grande diſtance du verre que » les rayons violets, dont la réfraction eſt la » plus grande (1395)...... Ce n'eſt donc pas » dans un point que les rayons rompus ſe raſ- » ſemblent, comme on le ſuppoſe en Optique; » mais le foyer ſera étendu ſur un eſpace qui

» sera d'autant plus considérable, que le foyer » de l'objectif sera plus long.... *Newton* (*Traité* » *d'Opt.*, *pag.* 114.) a déjà soupçonné que des » objectifs composés de deux verres, dont l'espace » intermédiaire seroit rempli d'eau, pouvoient » servir à perfectionner les lunettes par rapport » à l'aberration de sphéricité des verres (1427); » mais il ne paroît pas qu'il eût l'idée que, » par ce même moyen, il seroit possible de » diminuer l'espace dans lequel les foyers des » divers rayons se trouvent dispersés. Or il » m'a paru d'abord très-probable qu'une certaine » combinaison de différens corps transparens » pourroit être capable de remédier à cet in- » convénient; & je suis persuadé que, *dans* » *nos yeux*, *les différentes humeurs* (1509) *s'y* » *trouvent arrangées*, *en sorte qu'il n'en résulte au-* » *cune diffusion du foyer* «. C'est ainsi que la considération de ce qui se passe dans nos yeux conduisoit M. *Euler* à chercher un moyen d'imiter la Nature, & lui faisoit espérer d'y parvenir par la combinaison des fluides entre deux verres. On ne peut pas s'empêcher de trouver sa réflexion raisonnable; car nos yeux sont vraiment achromatiques.

1650. En conséquence M. *Euler* chercha les dimensions des objectifs formés de verre & d'eau, de maniere à pouvoir imiter la combinaison qui

ſe trouve naturellement dans l'œil. Mais ſes tentatives furent inutiles : les lunettes qui furent exécutées ſur ces principes, ne réuſſirent point, parce que l'eau & le verre, relativement à leurs réfractions moyennes, ne produiſent pas des différences aſſez ſenſibles dans les réfrangibilités des couleurs.

1651. Dès que le Mémoire de M. *Euler* parut, feu M. *d'Ollond* le pere, célebre Opticien de Londres, voulut en tirer parti. Après qu'on eut diſputé quelque temps ſur cette matiere, & ſurtout après qu'en 1755, M. *Klingenſtierna* eut fait abandonner à M. *d'Ollond* quelques opinions erronées auxquelles il étoit fort attaché, cet habile Artiſte fit des tentatives qui réuſſirent. Il conçut l'eſpérance de mieux réuſſir dans ſon projet, en combinant des verres de différentes qualités pour former un objectif, qu'en y employant du verre & de l'eau, par la raiſon que nous venons de dire ci-deſſus (1650). Un verre très-blanc & fort tranſparent, appelé communément *Flint-glaſſ* ou *Criſtal d'Angleterre*, eſt celui qui, ſuivant M. *d'Ollond*, donne les iris les plus remarquables, &, par conſéquent, celui dans lequel la réfraction du rouge differe le plus de celle du violet : un verre verdâtre, connu en Angleterre ſous le nom de *Crown-glaſſ*, & qui reſſemble beaucoup en qualité à notre

notre verre commun, eſt, au contraire, celui qui donne la moindre différence dans la réfrangibilité des rayons rouges & des violets. Ces deux ſortes de verre ſont les deux matieres dont M. *Dollond* imagina de ſe ſervir, après avoir meſuré leurs qualités réfringentes, & les avoir trouvées comme de 3 à 2.

1652. Les premieres lunettes qui furent exécutées par M. *Dollond*, eurent un très-grand ſuccès. Les Géometres s'exercerent bientôt à chercher les courbures les plus propres à corriger les aberrations de réfrangibilité. Mais comme il eſt rare de trouver pluſieurs morceaux de verre d'une denſité parfaitement égale, quoique de la même eſpece, on ne peut pas toujours employer les courbures indiquées par les Géometres : on eſt obligé de les varier. C'eſt pourquoi les Artiſtes ſont contraints de tâtonner, s'ils veulent perfectionner leurs ouvrages.

1653. Nous nous contenterons donc de rapporter ici les dimenſions de deux lunettes excellentes, d'environ 43 pouces de foyer, faites par M. *Dollond*, & qui ſont fort ſupérieures à tout ce qu'on avoit fait dans ce genre. L'objectif eſt compoſé de trois verres, dont un eſt de *Flit-gnlaſſ*, concave des deux côtés, placés entre deux lentilles de verre commun ou de *Crown-glaſſ*, convexes des deux côtés. Les ſix rayons des cour-

bures, à commencer par celui de la surface extérieure de l'objectif, sont, dans une de ces lunettes, de 315, 450, 235, 315, 320 & 320 lignes. Dans l'autre lunette, les six rayons sont de 315, 400, 238, 290, 316, 316 lignes. Cette derniere a 43 pouces 5 lignes de foyer. Ces lunettes grossissent depuis 100 jusqu'à 200 fois, suivant les différens équipages qu'on y applique; & produisent conséquemment plus d'effet que les anciennes lunettes de 25 à 30 pieds.

Fig. 268. 1654. On peut voir (*fig.* 268.) la coupe transversale d'un objectif de lunette achromatique, composé de trois verres; savoir d'un concave 3, 4, de *Flint-glass*, placé entre deux convexes 1, 2 & 5, 6, de *Crown-glass*. Les courbures étant différentes, il est aisé de voir qu'il doit rester entre chaque verre un espace rempli d'air.

1655. Les rayons de lumiere émanés de l'objet tombant sur la surface 1, souffrent deux réfractions, l'une en entrant, & l'autre en sortant de ce premier verre (1355), qui est de *Crown-glass*, & les rayons colorés dont ils sont composés (1373 & 1374), se séparent & deviennent apparens: ensuite traversant les deux surfaces 3 & 4 du verre concave, qui est de *Flint-glass*, ils sont rompus en sens contraire (1365), mais plus fortement qu'ils ne l'avoient été par

le premier verre, parce que le second a plus de densité (1281) & plus de courbure (1283); de sorte que les couleurs sont encore apparentes; mais elles ont changé de position, celles qui étoient en haut se trouvent en bas, *& vice versâ.* Enfin ces rayons, en traversant les deux surfaces 5 & 6 du troisieme verre, qui est de *Crown-glass*, sont rompus de nouveau en sens contraire de ce qu'a fait le *Flint-glass*, mais d'une quantité égale à ce que le *Flint-glass* avoit fait de trop; d'où il résulte une réunion parfaite des rayons, &, par conséquent, une cessation de couleur (1387 & 1487).

1656. On a fait aussi de ces objectifs de deux verres seulement; l'un 1, 2 (*fig.* 269.) de *Crown-glass*, & l'autre 3, 4 de *Flint-glass*, dont les rayons de courbures extérieures 1 & 4 sont beaucoup plus longs que ceux des courbures intérieures 2 & 3. Ces objectifs sont beaucoup plus aisés à exécuter que ceux à trois verres, mais ils ne sont pas aussi bons à beaucoup près, ni aussi parfaitement achromatiques. *Fig.* 269.

1657. On a aussi trouvé le moyen de corriger, & même d'anéantir, pour ainsi dire, les imperfections du poli des surfaces intérieures, en plaçant entre les verres, au lieu d'air, une substance très-transparente, & dont la densité approche beaucoup plus de celle des verres que

ne le fait la denſité de l'air. La meilleure de ces ſubſtances eſt du maſtic en larmes, qui, étant bien choiſi, eſt très-tranſparent, & s'applique parfaitement bien aux verres. Nous devons cette invention à M. *Putois*, Ingénieur en inſtrumens d'optique, bréveté du Roi, ſur la préſentation qu'en a faite à Sa Majeſté l'Académie Royale des Sciences.

Des Microſcopes.

1658. Les microſcopes ſont des inſtrumens qui ſervent à faire voir très-gros des objets en eux-mêmes fort petits, par le moyen d'une ou de pluſieurs lentilles (1355) combinées enſemble; & qui, par-là, font appercevoir à la vue, d'une maniere diſtincte, des objets en eux-mêmes imperceptibles. Les microſcopes nous aident donc à voir de près, comme les téleſcopes (1574) nous aident à regarder au loin. Autant ceux-ci facilitent les progrès de l'Aſtronomie (1575), autant ceux-là ſont avantageux à l'Hiſtoire Naturelle & à la Phyſique.

1659. Il y a trois ſortes de microſcopes; ſavoir, le microſcope ſimple, le microſcope compoſé, & le microſcope ſolaire.

Microſcope ſimple.

1660. Le microſcope ſimple n'eſt compoſé

que d'une ſimple lentille (1355) très-convexe, & d'un foyer très-court. On enchaſſe cette lentille dans une lame de métal, que l'on ſoutient d'une maniere quelconque, pourvu qu'elle ſoit commode pour l'obſervateur; & l'objet eſt ordinairement porté par une pointe déliée ou ſur quelque autre ſupport. Supposons donc la petite lentille O (*fig.* 270.) enchaſſée dans la lame de métal EF: l'œil ſe place en O tout près de cette lentille; & l'objet *ab*, qu'on ſuppoſe très-petit, eſt placé un peu plus près de la lentille que la diſtance de ſon foyer (1357); de ſorte que les faiſceaux de rayons qui viennent des extrémités *a*, *b*, ſortent de la lentille preſque paralleles, avec ſeulement le petit degré de divergence néceſſaire, & tel qu'il ſeroit, ſi ces faiſceaux de rayons partoient de deux points A, B, beaucoup plus éloignés. L'objet paroît donc en AB (1191), & beaucoup plus grand; & la grandeur AB de l'image eſt à la grandeur *ab* de l'objet, comme la diſtance OD de la lentille à l'image eſt à la diſtance O*c* de la lentille à l'objet; c'eſt-à-dire, à peu près comme la diſtance à laquelle on verroit diſtinctement l'objet, eſt à la longueur du foyer de la lentille O. *Fig.* 270.

1661. Une lentille d'un foyer très-court forme donc un microſcope, non ſeulement parce qu'elle amplifie l'image de l'objet, mais encore

parce qu'elle la fait voir avec plus de clarté ; car le même objet vu par le même trou vide, & à la même diſtance, paroît preſque auſſi grand que quand on le regarde au travers de la lentille.
Fig. 271. Suppoſons, par exemple, l'œil placé en C (*fig.* 271.), vis-à-vis & tout près d'un très-petit trou percé à jour dans la lame de métal D D, & qu'il regarde par-là un objet A B placé à une très-petite diſtance ; 1°. il le verra diſtinctement, parce que, le trou étant fort petit, l'œil ne peut recevoir de chaque point viſible de l'objet, pour ainſi dire, qu'un rayon ſimple, & non pas un faiſceau de rayons divergens (1190), qui auroient beſoin d'un certain degré de réfraction pour ſe réunir juſtement ſur la rétine. 2°. La grandeur apparente de cet objet ſera conſidérablement augmentée ; car il ſera apperçu ſous l'angle A C B, beaucoup plus ouvert que l'angle E C F, que l'on ſuppoſe être celui ſous lequel ce même objet pourroit être vu diſtinctement à la vue ſimple.

1662. Mais, ſi vis-à-vis du trou *c* (que l'on ſuppoſe plus grand que le trou C) on place une lentille *d d* qui ait ſon foyer tant ſoit peu plus loin que la diſtance *a b*, laquelle eſt égale à celle à laquelle l'objet A B étoit ſuppoſé placé vis-à-vis le trou C, les rayons ſimples *a c*, *b c*, formeront, en arrivant à la lentille, l'angle *a c b*,

égal à ACB ; mais il y aura de plus les rayons collatéraux qui, divergeant des points *a*, *b*, &c. & se réfractant dans la lentille, pourront entrer dans l'œil, & faire voir l'objet plus clairement. Un microscope amplifie donc l'image, parce qu'on peut, par son moyen, voir distinctement un objet placé à une très-petite distance de l'œil ; & cette amplification est relative à la distance à laquelle on voit l'objet au travers de la lentille, comparée à la distance de l'objet vu à la vue simple. De sorte que, si par le moyen d'un microscope, on peut voir un objet 500 fois plus près qu'à la vue simple, son diametre sera vu 500 fois plus grand.

1663. Il suit de là que plus les lentilles sont petites & convexes, ou, ce qui est la même chose, plus leur foyer est court, plus elles sont capables d'amplifier les images. *Henri Barker* a calculé une Table dans laquelle est exprimée, en nombre, la quantité dont est grossi un objet vu au travers des lentilles de microscopes. Voici cette Table.

1664. *Table de la force des verres convexes dont on fait usage dans les Microscopes simples, selon la distance de leur foyer, oalculée sur une échelle d'un pouce divisé en 100 parties, en supposant la vue simple à la distance de 8 pouces.*

FOYER de la Lentille.	Centiemes d'un pouce.	AUGMENTATION du DIAMETRE de l'objer.	AUGMENTATION de la SURFACE de l'objet.	AUGMENTATION du CUBE de l'objet.
		fois.	*fois.*	*fois.*
$\frac{1}{2}$ ou	50	16	256	4096
$\frac{4}{10}$	40	20	400	8000
$\frac{3}{10}$	30	26	676	17576
$\frac{1}{5}$	20	40	1600	64000
	15	53	2809	148877
	14	57	3249	185193
	13	61	3721	226981
	12	66	4356	287496
	11	72	5184	373248
$\frac{1}{10}$	10	80	6400	512000
	9	88	7744	681472
	8	100	10000	1000000
	7	114	12996	1481544
	6	133	17689	2352637
$\frac{1}{20}$	5	160	25600	4096000
$\frac{1}{25}$	4	200	40000	8000000
	3	266	70756	18821096
$\frac{1}{50}$	2	400	160000	64000000
	1	800	640000	512000000

1665. Si donc nous ſuppoſons une lentille dont le foyer ſoit éloigné de ſon centre de la dixieme partie d'un pouce ; comme il y a dans 8 pouces 80 dixiemes de pouces, avec cette lentille on verra cet objet 80 fois auſſi près qu'à la vue ſimple (1660) ; on le verra donc 80 fois auſſi long & 80 fois auſſi large qu'il paroît aux yeux nus. Et comme 80 multipliés par 80 produiſent 6400, la ſurface de l'objet ſera vue 6400 fois auſſi grande. Si l'on veut ſavoir combien le cube ou la ſolidité apparente de l'objet eſt augmentée, on multipliera la ſurface par le diametre, c'eſt-à-dire, 6400 par 80 ; ce qui donnera 512000 : c'eſt-là la quantité dont le volume total de l'objet ſera augmenté.

Microſcope compoſé.

1666. Pour que le microſcope ſimple puiſſe groſſir beaucoup, il faut que ſa lentille ait un foyer très-court : cela fait qu'il ne peut pas s'appliquer commodément à toutes ſortes d'objets. C'eſt pour cette raiſon qu'on a imaginé les microſcopes compoſés, qui, avec des lentilles d'un foyer plus long, produiſent preſque autant d'effet que les ſimples ; & de plus, leur champ eſt beaucoup plus grand.

1667. Le microſcope compoſé eſt un aſſemblage de pluſieurs lentilles convexes, placées

dans des tuyaux, dont une, qui ſert d'objectif, eſt d'un foyer court; & les autres, qui ſervent d'oculaires, ſont d'un foyer plus long. Voyons quelle eſt la route de la lumiere dans un de ces inſtrumens à trois verres, qui eſt celui qui eſt aujourd'hui le plus en uſage.

Fig. 272. 1668. On place l'objet A B (*fig.* 272.) un peu plus loin de la lentille objective *c* que la longueur de ſon foyer, & on l'éclaire ſuffiſamment. Les faiſceaux de rayons divergens, qui partent de tous les points viſibles (1190), tels que A *de*, B *de*, &c., & qui couvrent toute la ſurface de la lentille, après avoir ſouffert dans cette lentille les deux réfractions ordinaires, les rayons qui compoſent chacun d'eux, deviennent un peu convergens (1358), comme *dg*, *ef*, &c., tandis que les faiſceaux demeurent divergens entre eux; & ſi ces faiſceaux n'étoient arrêtés, les rayons dont ils ſont compoſés iroient, en ſe réuniſſant, former une image renverſée à la diſtance E E. Mais ces faiſceaux de lumiere étant reçus par la lentille D, de divergens qu'ils étoient, deviennent, en la traverſant, un peu convergens entre eux; & les rayons qui compoſent chaque faiſceau, devenant plus convergens qu'ils ne l'étoient, ſe croiſent plus tôt, & forment, à peu de diſtance de là, l'image renverſée *a b*. On place une ſeconde lentille oculaire F un peu plus

près de cette image que la longueur de ſon foyer : moyennant cet arrangement (1357), les rayons divergens qui partent des points *a*, *b*, &c. (1190) perdent, en traverſant cette lentille F, preſque toute leur divergence; & les faiſceaux partant de chaque point, deviennent entre eux aſſez convergens pour ſe croiſer en O, où ſe place l'œil, & font voir l'image *a b* (qui eſt alors l'objet immédiat de la viſion) ſous l'angle *k* O *h*, incomparablement plus grand que ne feroit l'angle A O B, ſous lequel l'objet feroit apperçu à la vue ſimple, s'il n'y avoit pas d'inſtrument entre lui & l'œil.

1669. Ce microſcope eſt beaucoup plus commode que le ſimple. On y peut obſerver toutes ſortes de petits objets, tranſparens ou opaques, colorés ou non, & avec la quantité de lumiere convenable à chacun. Si l'on eſt curieux de connoître toutes les pieces qui rendent ſon uſage commode à l'obſervateur & pour les obſervations, on en trouvera la deſcription dans mon *Dictionnaire raiſonné de Phyſique*, au mot MICROSCOPE COMPOSÉ, *Tom. II*, *pag.* 140.

1670. Au lieu de deux oculaires ſeulement, on en met quelquefois un plus grand nombre. M. *Delbarre*, qui a travaillé en Hollande, & qui eſt actuellement à Paris, en met juſqu'à cinq. Je ne connois point de meilleur microſ-

cope que le ſien : en combinant différemment ſes oculaires, ſoit relativement aux places qu'ils occupent, ſoit relativement aux intervalles qui les ſéparent, il produit les plus grands effets, & de la maniere la plus ſatisfaiſante.

1671. L'invention du microſcope eſt poſtérieure à celle du téleſcope, qui lui-même n'a été découvert qu'environ 300 ans après l'invention des lunettes à lire (1575). Les microſcopes ne ſont connus que du commencement du dix-ſeptieme ſiecle, vers l'an 1620.

Microſcope ſolaire.

1672. Le microſcope ſolaire eſt un inſtrument de Dioptrique, par le moyen duquel on voit en grand, dans une chambre obſcure, les images de très-petits objets vivement éclairés par le ſoleil. Cet inſtrument, qui nous eſt venu de Londres en 1743, avoit été inventé peu de temps auparavant par le Docteur *Liéberkuyn*, de l'Académie Royale des Sciences de Berlin, & de la Société Royale de Londres.

1673. Pour faire uſage du microſcope ſolaire, il faut avoir une chambre bien fermée & bien obſcure, qui ait une fenêtre tournée vers le ſoleil, & au volet de laquelle il y ait un trou, propre à recevoir le porte-lumiere, dans lequel s'ajuſtent les tuyaux & autres pieces qui portent

les deux lentilles & le porte-objet dont ce microscope est composé. Moyennant cela, on peut introduire, au besoin, dans cette chambre obscure un gros faisceau de lumiere solaire, que l'on dirige horizontalement, par le moyen d'un miroir plan mobile, placé en dehors de la fenêtre. On trouvera la description de toutes ces pieces dans mon *Dictionnaire raisonné de Physique*, au mot MICROSCOPE SOLAIRE, *Tome II*, *pag.* 144.

1674. Supposons donc A B (*fig.* 273.) le miroir plan; & qu'au trou du volet de la fenêtre on ait placé le porte-lumiere auquel on ait ajusté un tuyau garni d'un verre convexe C, dont le foyer soit à 7 à 8 pouces de distance: soit F G le faisceau de lumiere solaire, qui, tombant sur le miroir A B, est réfléchi dans la direction horizontale G H, vers la lentille C, laquelle rassemble à son foyer les rayons solaires qui composent ce faisceau. Si nous supposons maintenant une petite lame de verre D, qui porte l'objet, placée dans ce jet de lumiere vive, & que l'on en approche la lentille E, de maniere que le porte-objet D en soit à une distance un peu plus grande que celle de son foyer (1668), les rayons de chaque faisceau qui partent de chaque point de l'objet, après avoir traversé la lentille E, sont un peu convergens entre eux; & tous ces faisceaux, s'étant croisés dans

la lentille E, s'en vont, en divergeant entre eux, peindre une image renversée de cet objet, prodigieusement amplifiée, sur la muraille, ou sur une toile blanche IK, élevée verticalement à 10 ou 12 pieds de distance, vers le fond de la chambre.

1675. Le microscope solaire est un instrument très-curieux & très-intéressant. Il est très-propre à étendre les progrès de l'Histoire Naturelle & de la Physique, par la facilité qu'il donne de voir en grand, & sans aucune fatigue, & par plusieurs personnes à la fois, des objets prodigieusement petits. Un cheveu y paroît gros comme un manche à balai; une puce, grosse comme un mouton, & même comme un bœuf. Un des spectacles qui fassent le plus de plaisir, c'est d'y voir la circulation du sang dans la queue d'un testard, ou la cristallisation des sels, & sur-tout celle du muriate d'ammoniaque. Le premier de ces spectacles ressemble à une carte de Géographie enluminée, & dont toutes les rivieres seroient animées par un véritable écoulement; & le second ressemble à une végétation miraculeuse, par la promptitude avec laquelle elle s'exécute.

1676. On peut, par le moyen de ce microscope, dessiner commodément les objets, & de telle grandeur que l'on veut; car leur gran-

Fig. 267.

Fig. 268.

Fig. 269.

Fig. 270.

Fig. 271.

Fig. 272.

Fig. 273.

Benard Direxit.

deur apparente varie à volonté : il ne faut pour cela que faire varier la diſtance du plan IK au microſcope, & changer un peu la diſtance reſpective des deux lentilles C & E. Et comme le plan IK eſt tranſparent, puiſqu'il eſt de toile ou de taffetas, & qu'on voit l'image de l'objet preſque auſſi clairement derriere que devant, on pourra la copier derriere le plan : par-là l'ombre de la main n'interceptera pas la lumiere, comme elle le feroit, ſi on la copioit par-devant.

1677. La lanterne magique, inſtrument que nous devons au P. *Kirker*, Jéſuite Allemand, & qui n'eſt d'aucune utilité, mais ſeulement de pure curioſité, reſſemble beaucoup, par ſa conſtruction & ſes effets, au microſcope ſolaire : la lumiere y a une marche ſemblable, & ſes rayons vont de même peindre en grand, ſur un plan blanc, des objets peints ſur des lames de verre. On l'éclaire avec la lumiere d'une chandelle, ou mieux encore avec un gros jet de lumiere ſolaire.

Fin du Tome ſecond.





